

MAGYAR ÁLLAMI EÖTVÖS LORÁND GEOFIZIKAI INTÉZET KIADVÁNYA

# GEOFIZIKAI KÖZLEMÉNYEK

SZERKESZTI  
DR. SZÉNÁS GYÖRGY

XIII. KÖTET, 4. SZÁM



MŰSZAKI KÖNYVKIADÓ, BUDAPEST

---

1964

Felelős szerkesztő:  
DR. FÜLÖP JÓZSEF

Szerkesztő bizottság:  
DR. BARTA GYÖRGY, DR. EGYED LÁSZLÓ, DR. KERTAI GYÖRGY, DR. OSZLACZKY  
SZILÁRD, PINTÉR ANNA, POSGAY KÁROLY, RÁDLER BÉLA, DR. SEBESTYÉN  
KÁROLY

Szerkesztő:  
DR. SZÉNÁS GYÖRGY

КИРАЙ ЭРНЁ – САБАДВАРИ ЛАСЛО:

О ПРИМЕНЕНИИ ГЛУБИННОГО ВЭЗ НА ТЕРРИТОРИИ МОЛОДЫХ ТРЕТИЧНЫХ  
БАССЕЙНОВ

Резюме

В Венгрии уже несколько лет проводятся опытные работы по производственному применению метода ВЭЗ для исследования больших глубин. В данной части настоящей работы изложены основные вопросы, возникшие при создании венгерской аппаратуры метода ВЭЗ; подробно описаны способы выполнения необычно строгих требований в отношении изоляции при применении данного метода для больших глубин. Наконец рассматривается конструкция аппаратуры типа GE-30.

GEOELECTRIC VERTICAL DEEP-SOUNDING IN YOUNG TERTIARY  
BASINS

E. KIRÁLY – L. SZABADVÁRY

Experiments for routine application of deep sounding started in Hungary some years back. This presented paper – as an opening member of a series of the same topic – deals with instrumental questions. The problems arisen in the construction-work are given in details, with a special regard to the unusual high requirement for suitable insulation. The design of the GE-30 equipment is discussed.

NAGYMÉLYSÉGŰ GEOELEKTROMOS SZONDÁZÁSOK ALKALMAZÁSA  
FIATAL HARMADKORI MEDENCÉKBEN. I. RÉSZ. MŰSZERTECHNIKAI  
KÉRDÉSEK

(GE-30 típusú mérőberendezés)

KIRÁLY ERNŐ – SZABADVÁRY LÁSZLÓ

Felszíni geoelektromos ellenállásmérést és a vertikális szondázást Magyarországon 1951-ben kezdték alkalmazni. Kezdetben egészen kis (maximum 50 m) mélységű méréseket végeztek elektronikus műszerek segítségével. Egyszerűbb kezelésük, nagyobb pontosságuk miatt később a kompenzációs rendszerű műszerek terjedtek el; ezek fokozatos fejlődésével együtt növekedett a módszer jelentősége is. Érdekes, hogy a viszonylagosan gyors technikai fejlődés a kutatási mélységet tovább nem növelte. Körülbelül 400 m mélységben adható meg a módszer gyakorlati alkalmazásának határa. Ennél nagyobb mélységig is végeztek vertikális szondázásokat, ezek azonban nem jártak kellő eredménnyel.

Érdemes kissé részletesebben foglalkozni ezzel a kérdéssel és megvizsgálni, miért nem tudott a rutinjellegű geoelektromos ellenállásmérés az említettnél eredményesen mélyebbre hatolni, mi volt az oka, hogy az 1957-ben kezdődő nagyobb mélységű kutatás éveken át kísérleti jellegű maradt.

# I. A NAGYMÉLYSÉGŰ SZONDÁZÁS MŰSZERTECHNIKAI KÉRDÉSEI

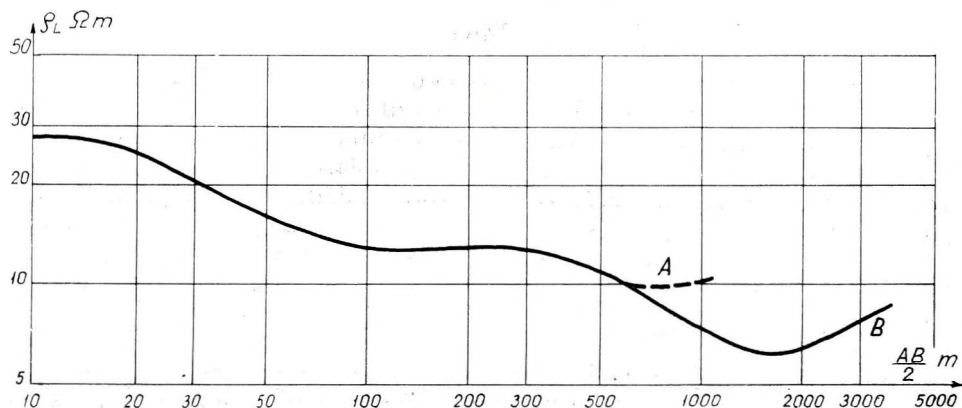
## 1. A kompenzációs mérési eljárás

A nagyobb mélységű szondázásnál első gátló tényező az, hogy a kompenzációs mérési eljárás alkalmatlan, ha a vertikális szondázást bizonyos  $AB$  tápelektroda távolságon túl kell elvégezni. Pl.  $AB = 3000$  m-nél (hatómélység kb. 750 m) az  $MN$  mérőelektrodapár távolsága 200–500 m. A tellurikus áramok zavaró hatása ebben az esetben már intenzíven jelentkezik, s emiatt a talajban mesterségesen létrehozott  $\Delta V$  potenciálkülönbség csak korlátozott pontossággal határozható meg. A  $\Delta V$  hibája lineárisan vivődik át a látszólagos fajlagos ellenállás ( $\varrho_L$ ) értékére. Régebben — nem csak itthon, hanem külföldön is — az a felfogás terjedt el, hogy már a szondázási görbe zavartságából következtetni lehet  $\varrho_L$  meghatározásának pontosságára, a szondázás tehát mindaddig végezhető, amíg a görbe zavartsága nem jelzi a mérések megbízhatatlanságát. Ilyen megfontolások alapján kompenzációs eljárással 10 000 m  $AB$  távolságú szondázásokat is végeztek.

A magyarországi vizsgálatok ezt a felfogást nem igazolták. Kísérleti mérések arra utalnak, hogy a kompenzációs eljárás hibái sok esetben nem szabálytalanok, sőt a mérés észleléstechnikai sajátosságai éppen a szabályos jellegű hibák fellépésének kedveznek, vagyis  $AB$  távolság növelésével fokozatosan (+) vagy (–) hibák keletkeznek. Az ilyen hibával terhelt görbék szabályos lefutásúak, látszólag hibamentesek.

Szemléltető példa erre a mellékelt görbe (1. ábra), amelyet kompenzációs — és többszörösen ellenőrzött fotoregisztrációs — eljárással Hajdúszoboszlón mértünk az 1961. évben. Mint látják,  $\frac{AB}{2} = 10$  m-től  $\frac{AB}{2} = 500$  m

elektrodatávolságig a két görbe megegyezik.  $\frac{AB}{2} = 600$  m és  $\frac{AB}{2} = 1000$  m



1. ábra



között a kompenzációs eljárással mért görbe ( $A$ ) torzul, lényegesen eltér az  $\frac{AB}{2} = 4000$  m-ig mért fotoregisztrációs görbétől ( $B$ ). A torzult görbéből a

valóságban nem létező „fantom szint” határozható meg. Más területen végzett hasonló eredményű vizsgálatok megerősítik a hajdúszoboszlói tapasztalatot, azzal az eltéréssel, hogy a torzulás nem mindig ilyen nagymértékű és szabályos jellegű. A vizsgálatok végeredményben azzal zárultak, hogy a kompenzációs eljárással végzett szondázás *minden esetben megbízható eredményt* ad, ha a tápelektrodák maximális távolsága nem haladja meg az 1000 m-t. Az eljárás bizonyos esetekben ezen túl is alkalmazható ( $AB$  max. = 1600–3000 m elektródátávolságig), ha a talaj szerkezeti és ellenállási viszonyai kedvezőek, valamint ha megfelelő technikai megoldásokkal csökkentjük a szabályos hibák lehetőségét. 3000 m-en túl a kompenzációs eljárás minden esetben nagymérvű hibaforrást jelent.

## 2. Az időtényező

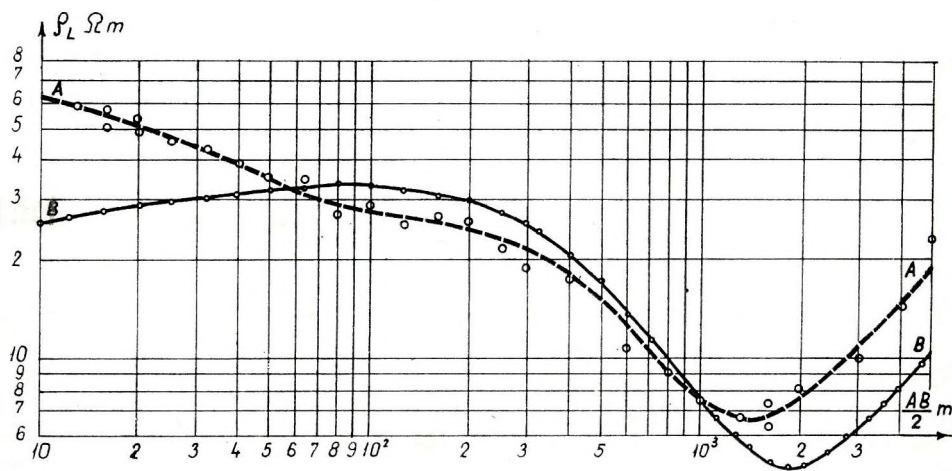
Nagymélységű szondázásnál nem hanyagolható el az időtényező, vagyis az az időtartam, amely az áramnak a tápelektrodákra kapcsolása és a talajban létrejövő áramtér végleges kialakulása között eltelik. Jellemzőit először Franciaországban vizsgálták meg, jelenleg a Szovjetunióban foglalkoznak a kérdéssel. Az időtényező megakadályozza, hogy az MN elektródapáron fellépő  $\Delta V$  potenciálkülönbséget az áram bekapcsolásának pillanatában határozzuk meg. Kompenzációs eljárásnál viszont éppen így észlelnék. Ez eleve kérdésessé teszi az alkalmazhatóságot minden olyan területen, ahol az időtényezővel számolni kell.

## 3. A mérőberendezés szigetelése

Nagymélységű szondázásnál a különféle áramkörök szigetelése jelenti a legnagyobb problémát. A terepi műszerek szigetelése általában 100  $M\Omega$ . és kedvező esetben sem nagyobb 1000  $M\Omega$ -nál. Régebben ezt kielégítőnek találták. Csak az újabb vizsgálatok mutattak rá, hogy nagymélységű szondázásnál lényegesen nagyobb szigetelésre van szükség. Ha az alkalmazott tápfeszültség 500–1000 V és a  $\Delta V$  potenciálkülönbséget mérő galvanométer érzékenysége  $10^{-9}$  A/mm, akkor hibamentes mérés 125 000  $M\Omega$  szigetelést követel meg. Ezt terepi körülmények között a szokásos szigetelőanyagokkal nehéz biztosítani, s emiatt  $\varrho_L$  meghatározásánál 100%-ot meghaladó hiba is felléphet. 100%-os hibalehetőség bármilyen mérést illuzórikussá tesz. Ezért ezzel a kérdéssel – mint a kutatás egyik fontos alapfeltételével – részletesebben kell foglalkoznunk.

Annak szemléltetésére, hogy geoelektromos ellenállásmérésnél milyen következménye lehet a rossz szigetelésnek, példaképpen a 2. ábra két szondá-

zási görbét mutatjuk be. Mindkét görbét azonos helyen, azonos irányban mérték  $AMNB$  elektróda elrendezéssel. Az „A” jelű görbét  $100\text{ M}\Omega$  szigetelésű, a „B” jelűt pedig  $1000000\text{ M}\Omega$  szigetelésű berendezéssel mérték. Az „A” görbe szerint a közel végtelen ellenállású aljzat mélysége  $1302\text{ m} \pm 25\%$ , „B” görbe szerint pedig  $1904\text{ m} \pm 14\%$ . (Mindkét görbénél elméleti mélységet adtunk meg, a közbenső réteg ellenállása  $\rho_4 = 3.5\text{ ohmm}$ , ill.  $3.0\text{ ohmm}$ .)



2. ábra

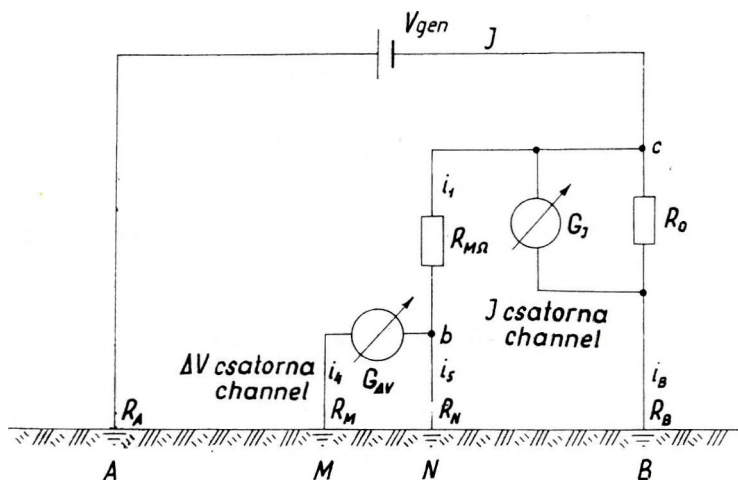
Nagymélységű szondázásnál általában kettős szigetelési problémát kell megoldanunk:

a) A  $G_{AV}$  galvanométert és a hozzátartozó gyengeáramú kört („ $\Delta V$  csatorna”) el kell szigetelnünk a nagyfeszültségű tápáramkörtől;

b) minthogy az  $I$  tápáram regisztrálását az  $R_0 I$  potenciálkülönbség regisztrálására vezetjük vissza, az  $R_0 I$  gyengeáramú kört és a  $G_I$  galvanométert is („ $I$  csatorna”) megfelelően szigetelnünk kell.

$\Delta V$  csatorna szigetelése különösen  $AMNB$  szondázásnál okoz nehézséget. Ilyenkor a  $\Delta V$ -t és az  $I$ -t közös fotoregisztrálóban, két szomszédos csatornán mérjük. A mérés alatt az  $I$  csatorna közvetlenül a nagyfeszültségű tápáramforrás egyik pólusára kapcsolódik. Nem megfelelő szigetelésnél a nagyfeszültségű áram egy része az  $I$  csatorna szigetelésén keresztül eljut  $\Delta V$  csatornára, áthalad a  $G_{AV}$  galvanométeren és megzavarja a mérés eredményét.

3. ábránk a fotoregisztráló elvi kapcsolását ábrázolja. A két csatorna közötti szigetelésen a  $G_{AV}$  galvanométer „b” pontja és  $R_0$  ellenállás „c” pontja között van átvezetés. Az áramforrás nagyfeszültsége a „c” ponton az  $R_{M\Omega}$  szigetelésen és a „b” ponton keresztül közvetlenül a  $G_{AV}$  galvanométerre jut. Legyen az áramforrásból kilépő áram  $I$ , a  $B$  elektródán áthaladó áram  $i_B$ . A  $R_{M\Omega}$  szigetelésen átvezetett áramot jelöljük  $i_1$ -el. Ennek egyik része ( $i_4$ ) a



3. ábra

„b” ponton, a galvanométeren és az  $M$  elektródán, másik része ( $i_5$ ) pedig a „b” ponton és az  $N$  elektródán halad át. Legyen  $R_M, R_N, R_B$  az elektródák átmeneti ellenállása,  $R_{AV}$  és  $R_I$  a galvanométer belső ellenállása.  $R_0 = 0,01\Omega$ ,  $R_{AV}$ ,  $R_I$  és  $R_0$  értéke a többi ellenálláshoz viszonyítva kicsiny, ezért az összefüggések egyszerűsítése érdekében elhanyagolhatjuk őket.

Méréseink gyakorlatilag akkor lesznek hibamentesek, ha a  $G_{AV}$  galvanométeren áthaladó áram ( $i_4$ ) a galvanométer 1 mm-es kitérésének megfelelő áramot nem haladja meg. A magyar T-14/A típusú regisztrálónál mindkét csatorna galvanométerének érzékenysége:

$$\varepsilon = 2 \cdot 10^{-9} \text{ A/mm/m} \quad (1)$$

Az említett elhanyagolásokkal

$$i_4 = i_5; i_1 = 2i_4 \quad (2)$$

Kirchhoff törvénye szerint

$$\frac{i_B}{i_1} = \frac{R_{MN} + R}{R_B} \quad (3)$$

ahol  $R$  az  $R_M, R_N$  és  $R_{AV}$  ellenállások eredője.

A továbbiakban számoljunk olyan adatokkal, amelyek a gyakorlatban előforduló legnagyobb szigetelést kívánják meg:

$$R_M = R_N = 500\Omega$$

$$R_A = R_B = 50\Omega$$

$$V_{gen} = 1000V$$

$$I = 10A$$

$$R_{M\Omega} = 100M\Omega$$

Ha figyelembe vesszük az  $R_{M\Omega}$ , ill. az  $R_M$  és  $R_N$  közötti több nagyságrendes különbséget, felírható, hogy

$$\frac{i_B}{i_1} = \frac{R_{M\Omega}}{R_B} \quad (4)$$

és 
$$i_B = I \quad (4/a)$$

A (2) és (4) alapján

$$R_{M\Omega} = \frac{I}{2i_1} R_B \quad (5)$$

$$\text{Ha } i_1 = \varepsilon$$

$$R_{M\Omega} = \frac{I}{2\varepsilon} R_B$$

Behelyettesítve az adatokat,

$$R_{M\Omega} = 125000 M\Omega.$$

A gyakorlatban ilyen nagyságú szigetelés — szárítóberendezés alkalmazása nélkül — nem érhető el; terepi körülmények között  $100 M\Omega$ -nál nagyobb állandó szigetelés nem biztosítható.

Vizsgáljuk meg, hogy  $100 M\Omega$ -os szigetelésnél milyen hiba léphet fel méréseinknél. Az „átvezetés” árama — amely a ki nem elégítő szigetelés következtében halad át a  $G_{AV}$  galvanométeren — az (5) szerint számítható:

$$i_4 = \frac{I}{2} \cdot \frac{R_B}{R_{M\Omega}} = 2,5 \cdot 10^{-6} A$$

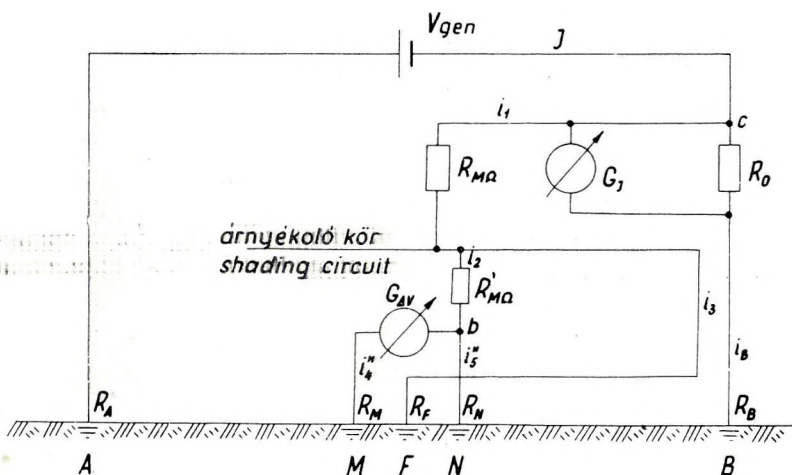
Az (1) felhasználásával

$$\frac{i_4}{\varepsilon} = \frac{2,5 \cdot 10^{-6} A}{2 \cdot 10^{-9} A} = 1250,$$

vagyis a  $G_{AV}$  galvanométeren áthaladó, átvezetésből adódó áram több mint ezerszer nagyobb a megengedettnél. Ha pl. az  $M, N$  elektródán jelentkező  $1V$  potenciálkülönbség  $G_{AV}$  galvanométeren az érzékenység ötvenszeresének megfelelő kitérést okoz, akkor a mérést  $2500\%$ -os hiba terheli. A közölt számítás is bizonyítja, hogy nagymélységű szondázásnál alapvető követelmény a megfelelő szigetelés biztosítása. A T-14/A regisztrálónál ez az alábbi elv alapján történik.

Az  $I$  és a  $\Delta V$  csatorna áramköre között egy árnyékoló kört helyezünk el (4. ábra). Az  $I$  csatorna szigetelő burkolata nincs közvetlen kapcsolatban a  $\Delta V$  csatorna szigetelő anyagával. Közöttük húzódik az úgynevezett „közép-árnyékoló kör” olyképpen, hogy az  $I$  csatorna bármely szigetelő anyagán átvezetett áram előbb érintse az árnyékolókört és csak azután juthasson a  $\Delta V$  csatorna szigetelésére (ilyen „átvezetési áram” halad pl. a legjobb szigetelő anyagok felületén is, ha erre pára, por, piszok rakódik). Feltétel, hogy az árnyékoló kör szigetelése mind a  $\Delta V$ , mind pedig az  $I$  csatornához viszonyítva  $100\text{ M}\Omega$  legyen. Ha az árnyékoló kört 4. ábrának megfelelően az  $F$  elektródához kapcsoljuk, akkor ezzel ugyanazt érjük el, mintha a regisztráló  $\Delta V$  és  $I$  csatornája között az eredetileg  $100\text{ M}\Omega$ -os szigetelést százezerszeresen megnöveltük volna; vagyis középárnyékolás alkalmazásával a  $\Delta V$  csatorna *névtelleges szigetelése*

$$R_{\text{szig}} = 1\,000\,000\text{ M}\Omega$$



4. ábra

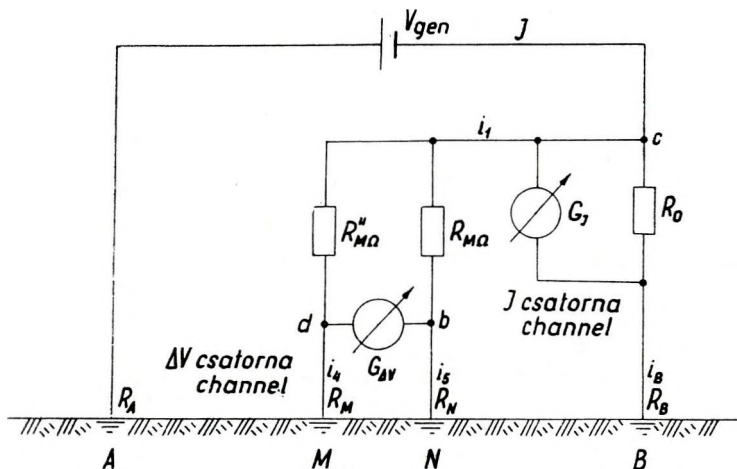
A fenti megállapítás matematikai összefüggéseivel részletesebben nem foglalkozunk, mivel azok az irodalomból már ismeretesek. (Ádám-Erkel. 1962. Geofisica pura e applicata. Bd. 52.)

Az ismertetett példában a  $\Delta V$  és az  $I$  csatorna között az átvezetés a legnagyobb hibát okozó helyen – „c” és „b” pont között – van. Feltételeztük, hogy máshol átvezetés nincsen és ebben az esetben a szigetelés ki nem elégítő volta miatt a galvanométeren a legnagyobb „átvezetési áram” halad keresztül, tehát méréseinknél is a legnagyobb hiba jelentkezik. Mint a (6) mutatja, ilyen esetben 2500%-os hiba is előfordul. A gyakorlatban ilyen eset ritkán adódik, mert a  $\Delta V$  és az  $I$  csatorna között az átvezetés rendszerint nem két pont között jön létre, hanem a szigetelő anyagok teljes felületén. Így a generátor pozitív pólusáról nemcsak a galvanométer „b”-vel, hanem a „d”-vel jelzett pólusára is juthat el a szigetelő anyagokon keresztül „átvezetési áram”. Az ide érkező áram az előbbihez teljesen hasonló hatást fejt ki, tehát a „b” és a „d” ponthoz



érkező „átvezetési áramok” eredője a galvanométeren kisebb kitérést okoz mint bármelyikük külön-külön.

Ha ezt a két irányú hatást számszerűleg akarjuk vizsgálni, akkor ismét az előbbi eljárást kell alkalmaznunk, a szigetelés megfelelő szakaszait ekvivalens szigetelési ellenállásokkal helyettesítve. 5. ábránk mutat be ilyen valóságot jól megközelítő megoldást. Az „átvezetési áram” egyik része „c” pontból  $R_{M\Omega}$  ellenálláson keresztül „b” pontra jut, másik része pedig „d” pontra. A „d” és a „b” pont közé kapcsolódik a galvanométer, amelyen áram csak akkor halad át, ha a „d” és „b” pont között potenciálkülönbség van.



5. ábra

Ha

$$\frac{R'_{M\Omega}}{R_{M\Omega}} = \frac{R_M}{R_N} \quad (7)$$

akkor az említett két pont között nincs potenciálkülönbség, méréseink tehát hibamentesek. Az átvezetésből adódó hibalehetőségek tehát végeredményben az (7) arányosság biztosításával is kiküszöbölhetők lennének. A gyakorlatban azonban ez az út járhatatlan. Terepen dolgozó berendezésnél  $R_{M\Omega}$  és  $R'_{M\Omega}$  szigetelés számszerű értéke csak körülményesen határozható meg, és ha sikerült is egy adott időpontban a két értéket megmérni, ez rövid időn belül megváltozhat. Pl. elegendő a regisztráló műszerfalának kinyitása, vagy az észlelő hozzáérjen valamelyik szigetelő anyaghoz és máris lényeges változással kell számolnunk. A (7) csak azért használható, mert rámutat azoknak a hibalehetőségeknek a törvényszerűségére, amelyek geoelektromos ellenállásmérésnél a szigetelés ki nem elégítő volta miatt fellépnek. Tételelesen:

a) a (6) összefüggésben ismertetett, elméletileg maximálisnak nevezhető 2500%-os hiba helyett a „kétirányú” áramátvezetés miatt lényegesen kisebb hibák jelentkeznek: Hajdúszoboszlón 1961-ben és 1962-ben végzett kísérleteink szerint párás időben a hiba 50–1000%, száraz időben 10–30%;

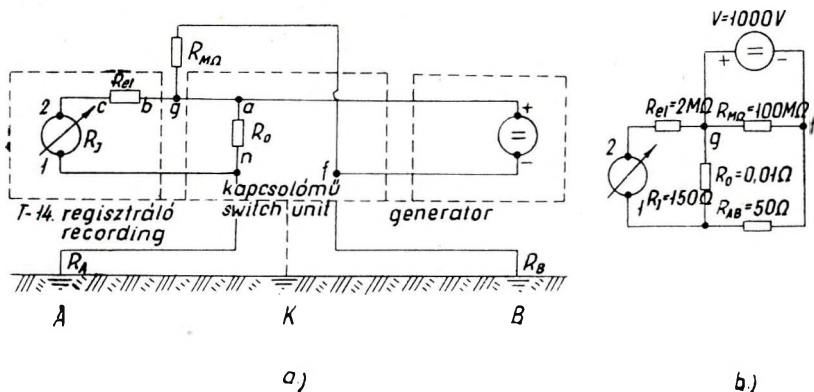
b) „középarnyékolókör” alkalmazásával a „kétirányú” áramátvezetés is teljes mértékben kiküszöbölhető, ha az árnyékolást a megfelelő vezetékcszakaszokra kiterjesztjük.

c) az  $I$  (vagy a  $\Delta V$ ) csatorna egyes szigetelő elemei tisztításának nincs értelme, ha ezt nem végezzük el a csatorna összes szigetelő anyagain; a (7) arányosság ugyanis  $R_{M\Omega}$  vagy  $R_{M\Omega}''$  értékének növelése – az arány megbontása – miatt az „átvezetési áram”, s így a mérési hiba növekedését is okozhatja.

*Az  $I$  csatorna szigetelése.* Dipol szondázásnál csökkennek a  $\Delta V$  csatorna szigetelésével szemben támasztott követelmények. Ennél az elektróda elrendezésnél  $I$  tápáramot és  $\Delta V$  potenciálkülönbséget egymástól távol levő két műszerkocsiban mérnek, így nincs meg a közvetlen átvezetés lehetősége a nagyfeszültségű tápáramkör és a  $\Delta V$  mérőkör között. Lehetséges azonban itt (és természetesen az  $AMNB$  elrendezésnél is) egy másik átvezetés, aminek következtében a bázis műszerkocsiban elhelyezkedő regisztráló nem az  $I$  tápárammal lineárisan arányos  $R_0 I$  potenciálkülönbséget, hanem az ennél esetenként többszörösen nagyobb „átvezetési áramot” regisztrálja.

Nagymélységű szondázásnál az  $I$  regisztráló, a kapcsolómű, a generátor és az  $A$ ,  $B$  elektródarendszer egymással közvetlen fémes kapcsolatban van. Nem megfelelő szigetelésnél több lehetőség is van, hogy a tápáram átvezetődjen a regisztráló  $I$  csatornájára. Ezek közül három variációval érdemes részletesebben foglalkozni.

A 6a ábra a regisztráló  $G_1$  galvanométere, valamint a szigetelés szempontjából jelentős nagyfeszültségű tápáramkör elvi kapcsolását ábrázolja.



6. ábra

Az ábra külön feltünteti a regisztráló, a kapcsolómű és a generátor fémtestét mint külső árnyékoló kört. Nagymélységű szondázásnál ugyanis a balesetvédelmi előírások megkövetelik a fémtestek rövidre zárását, valamint ezek földelését a  $K$  elektródánál. Ez azt jelenti, hogy 1000 V generátorfeszültség használata mellett, homogén talajt és  $R_A = R_B$  egyenlőséget feltételezve, a külső árnyékoló körben 500 V feszültség jelentkezik. Mivel a generátor pozitív sarka közvetlen kapcsolatban van a galvanométer „2” jelzésű pólusával, a



regisztráló fémteste pedig a külső árnyékoló körbe kapcsolt, az 500 V feszültségkülönbség a galvanométerek és a fémtest között jelentkezik.

Számoljunk most is olyan adatokkal, amelyek a későbbiek során maximális szigetelést követelnek meg.

Legyen a generátor feszültsége  $= 1000\text{ V}$

a galvanométer előtétellenállása  $R_{el} = 2,5\text{ M}\Omega$ .

További adatok:

a galvanométer belső ellenállása  $R_I = 150\Omega$

a galvanométer érzékenysége  $\varepsilon = 2 \cdot 10^{-9}\text{ A/mm/m}$

az  $I$  csatorna feszültségejtő ellenállása  $R_0 = 0,01\Omega$

$$\text{a tápáramerősség } I = \frac{V}{R_{AB} + R_0} = 20\text{ A},$$

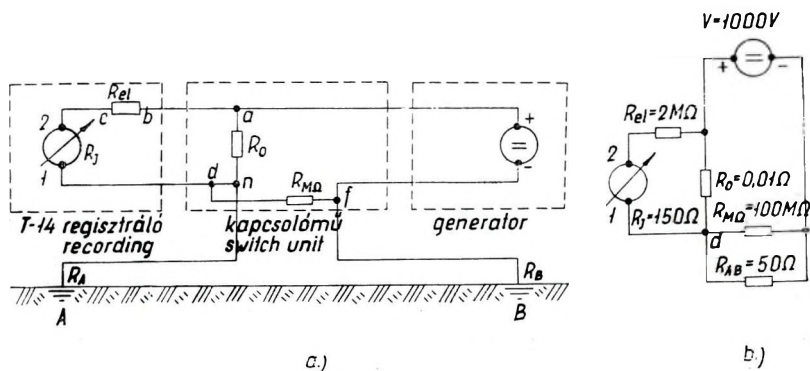
ahol  $R_{AB}$  az  $A$  és  $B$  elektróda átmeneti ellenállásának és a talaj ellenállásának összege ( $R_{AB} = 50\Omega$ ). A galvanométeren áthaladó áramerősség

$$i = \frac{R_0 I}{R_{el} + R_I} \approx \frac{R_0 I}{R_{el}} = 10^{-7}\text{ A}.$$

Figyelembe véve az érzékenységet,  $I$  a galvanométeren 50 mm kitérést okoz.

a) Első variációként tételezzünk fel átvezetést a tápáramkör „f” pontja, valamint a galvanométer-kör „g” pontja között. Az „f” pont a generátor negatív sarka és a B elektróda között bárhol lehet. Hasonló a helyzet a „g” ponttal, amely a „b” és az „a” pont közti szakaszon van. A 6a ábra elvi kapcsolását ekvivalens ellenálláshálózattal helyettesítve (6b) kitűnik, hogy a szigetelési ellenállás ( $R_{M\Omega}$ ) párhuzamosan van kapcsolva a „g” és az „f” ponthoz csatlakozó  $R_{el}$ ,  $R_I$ ,  $R_0$ ,  $R_{AB}$ , ellenálláshálózattal. Ennek következtében  $R_{M\Omega}$  jelentéktelen mértékben megterheli a generátort, de hatására a galvanométerre „átvezetési áram” nem jut.

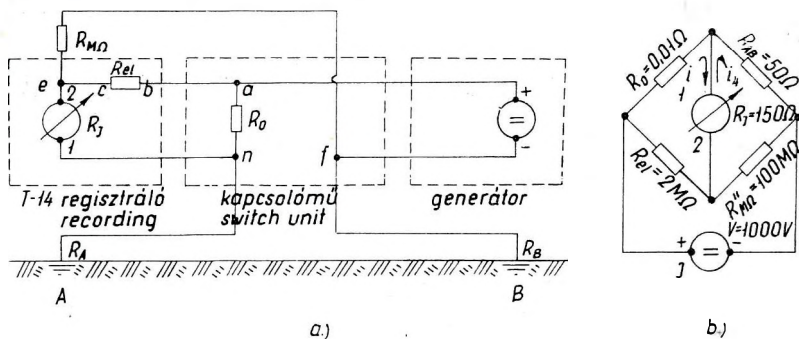
b) Hasonlóképpen kedvező eredményre jutunk, ha a nem végtelen szigetelésből adódó átvezetést vizsgáljuk az „f” pont és a galvanométer-kör „d” pontja között; ekkor „d” a galvanométer „1” jelzésű pólusa és az „n” pont



7. ábra

között bárhol elhelyezkedhetik (7a ábra).  $R_{M\Omega}$  értéke kimutatható mértékben nem befolyásolja a galvanométeren áthaladó  $i$  áramerősséget.

c) Nem jutunk ilyen kedvező eredményre, ha a meg nem felelő szigetelés hatását vizsgáljuk az „f” pont és az „e” pont között, amikor „e” pont a galvanométer „2” jelzésű pólusa az  $R_{el}$  „c” pontja között bárhol elhelyezkedhetik (8a ábra). Ebben az esetben az előbbieknél bonyolultabb a kapcsolás. Az ekvivalens ellenálláshálózat egy aszimmetrikus ágú Wheatstone hídnak felel meg (az egyes ágakba kapcsolt ellenállások között soknagyságrendes különbség van; lásd 8b. ábrát). A galvanométeren áthaladó áramerősség egyszerűen kiszámítható, ha figyelembe vesszük a két ág ( $R_{el} = 2M\Omega$  és  $R_{M\Omega} = 100M\Omega$ , ill.  $R_0 = 0,01\Omega$  és  $R_{AB} = 50R$ ) között levő ellenálláskülönbséget.



8. ábra

Az előbbi adatokkal számolva, a megengedhető elhanyagolások után a tápáramerősség:

$$I \approx \frac{V}{R_{AB}} = 20 \text{ A},$$

a galvanométeren mérendő áram:

$$i \approx \frac{R_0 I}{R_{el}} = 10^{-7} \text{ A},$$

az „átvezetési áram”

$$i_1 \approx \frac{R_{AB} I}{R_{M\Omega}} = 10^{-5} \text{ A},$$

vagyis az „átvezetési áram” 100-szor nagyobb lehet a mérendő áramnál.

A mérési hiba elkerülésére két lehetőség kínálkozik, mégpedig a galvanométer érzékenységének csökkentése, vagy árnyékoló kör alkalmazása. Előbbi esetben csökkenthető  $R_{el}$  értéke is, ami a galvanométeren áthaladó „átvezetési áram” viszonylagos csökkenésével jár.

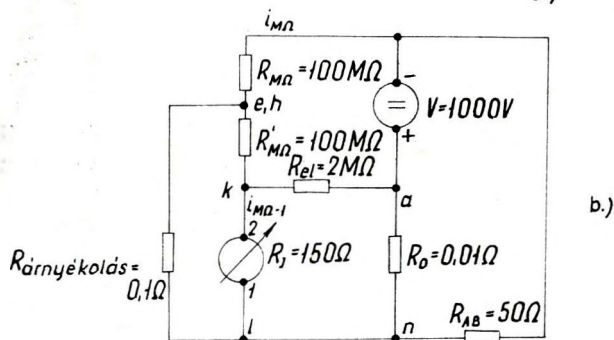
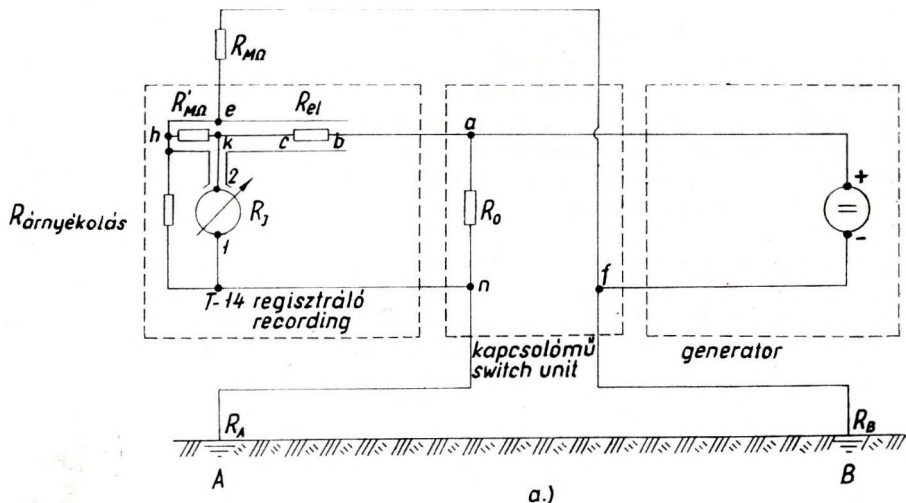
Csökkentsük a galvanométer érzékenységét úgy, hogy az „átvezetési áram” ne legyen nagyobb, mint a mérendő áram 1%-a. Ezt csak úgy érhetjük el, ha  $i$  értékét növeljük, mégpedig

$$i = 100i_1 = 10^{-3} \text{ A}.$$

Ha a galvanométeren 50 mm-es kitérést akarunk elérni, akkor  $2 \cdot 10^{-5}$  érzékenységi galvanométert kell alkalmazni. A kérdés tehát így is megoldható. A gyakorlatban azonban ez az út nehézkes. Pl. nagymélységű szondázásnál nemcsak 20 A, hanem 0,1 A áramerősséggel is dolgoznak. Ez pedig eleve érzékenyebb galvanométert igényel. Emellett mélyszondázó berendezésnél kedvező, ha a használt regisztrálók tellurikus mérésekre is alkalmasak, tehát a mozgó- és bázis műszerkocsiba épített egy-egy regisztráló mindegyik csatornája egységesen a szabványos  $2 \cdot 10^{-9}$  érzékenységi galvanométerrel dolgozik.

Ezért célszerűbb a mérési hiba kiküszöbölésére árnyékoló körök alkalmazása. Ezek a  $\Delta V$  csatornánál ismertetett módon árnyékolják a galvanométer „2” jelzésű pontja és a „b” pont között levő vezetőszakaszt, valamint az  $R_{el}$  ellenállást. Az árnyékoló kört a generátor pozitív sarkára kapcsoljuk (9. ábra).

Az „átvezetési áram” ebben az esetben is  $10^{-5}$  A. Mivel az „e” pont és a generátor pozitív pólusa között levő ponton keresztül az árnyékolás rövid-



9. ábra

zárt létesít ( $R_{\text{árny}} = 0,1\Omega$ ), az egész átvezetési áram ezen az úton halad,  $R'_{M\Omega}$  ellenálláson és  $R_I$ -n ill.  $R_{el}$ -n keresztül gyakorlatilag nem halad áram ( $R'_{M\Omega}$  itt szigetelési ellenállás, amely az árnyékoló kör és a „2” – „b” pont közti vezetős szakasz egymástól való szigetelését jelképezi). Az ekvivalens ellenálláshálózatból (9b) számszerűleg is meghatározható az árnyékolás „névleges szigetelése”.  $R_{M\Omega}$  szigetelésen áthaladó áram

$$i_{M\Omega} \approx \frac{V_{gen}}{R_{M\Omega}} = 10^{-5} \text{ A.}$$

Mivel  $R_{el}$  négy nagyságrenddel nagyobb  $R_I$ -nél és  $R'_{M\Omega}$ -hoz viszonyítva  $R_I$  elhanyagolható,

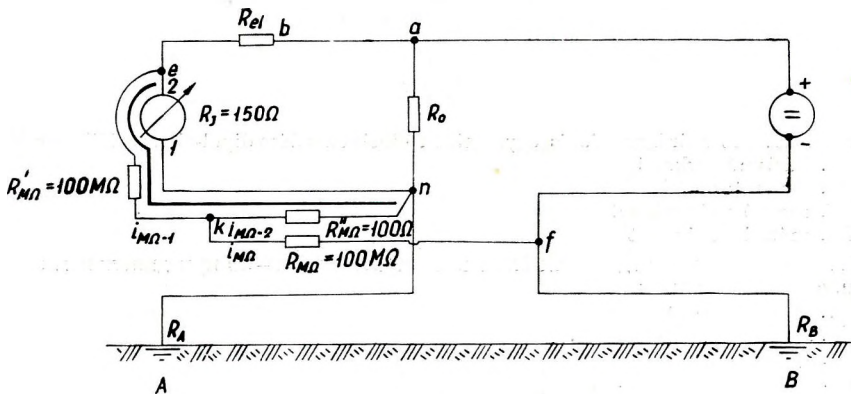
$$i_{M\Omega-1} = \kappa i_{M\Omega} \cdot \frac{R_{\text{árny}}}{R'_{M\Omega}} = 10^{-14} \text{ A.}$$

A névleges szigetelés

$$R_{sig} \approx \frac{i_{M\Omega}}{i_{M\Omega-1}} \cdot R_{M\Omega} = 10^{11} \text{ M}\Omega$$

vagyis a mérések szempontjából teljesen megfelelő a szigetelés. Az előbbieket szerint árnyékolásra csak a galvanométer „2” jelzésű pontja és a „b” pont között van szükség. A valóságban azonban ez még nem elegendő. Figyelembe kell vennünk itt azt, hogy ilyen nagy szigetelésű követelményeknél minden szigetelt vezeték kettős vezetőnek kell feltételeznünk, pl. egy egyszerű PVC kábelben nem csak a vezető szálon halad áram, hanem a PVC anyag külső részét is vezetőnek kell tekintenünk, ha azon a lerakódó pára, por stb. hatására vezető réteg alakul ki.

A vezető réteg hatását a 10. ábra szemlélteti. Az „átvezetési áram” a „k” ponton keresztül jut a vezető rétegre, amelynek ellenállása a „k” és az „n” pont között  $R'_{M\Omega}$ , a „k” és az „e” pont között pedig  $R'_{M\Omega}$ . A „k” pontról átvezetés jelentkezik (pl. a T-14/A típusú regisztrálónál) akkor, ha a



10. ábra

galvanométer „1” pólusához csatlakozó vezeték szigetelése a „2” pólus közelében érintkezik a galvanométer szigetelésével.

Ha  $R'_{M\Omega} = R''_{M\Omega} = 100 \text{ M}\Omega$ , és figyelembe vesszük a megengedhető elhanyagolásokat

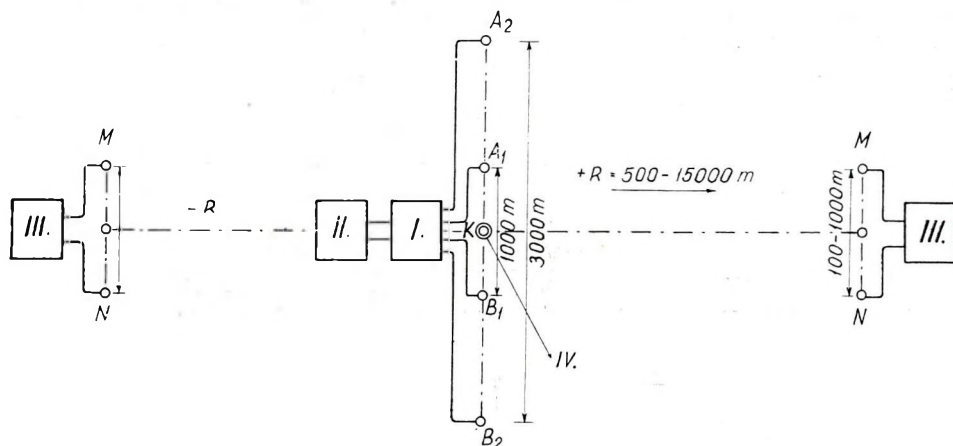
$$i_{M\Omega} \approx \frac{V_{gen}}{R_{M\Omega} + \frac{1}{4}(R'_{M\Omega} + R''_{M\Omega})} = 6,66 \cdot 10^{-6} \text{ A}$$

$$i_{M\Omega-1} \approx \frac{i_{M\Omega}}{2} = 3,33 \cdot 10^{-6} \text{ A}$$

Legyen mérendő áramunk ( $i$ ) a (8) összefüggésnek megfelelően  $10^{-7} \text{ A}$ . A mérés százalékos hibája

$$\frac{i_{M\Omega-1}}{i} 100 \approx 3300 \text{ \%}.$$

Végeredményben tehát hiába árnyékoljuk a „2” pont és a „b” pont közti vezető szakaszt a 9. ábrán ismertetett módon, ha a gyengeáramú kör más részéről a szigetelésen keresztül olyan átvezetés jut a galvanométerre, ami a mérések eredményét meghamisítja. Éppen ezért szükséges a gyengeáramú kör teljes árnyékolása.



11. ábra. A GE-30 mérőberendezés egységeinek elhelyezkedése dipol-ekvatoriális szondázásnál

- I. bázisműszerkocsi
- II. generátorkocsi
- III. mozgó műszerkocsi
- IV. mérési középpont

Фиг. 11. Расположение отдельных блоков аппаратуры GE-30 при дипольном экваториальном зондировании

- I. Базисная станция
- II. генераторная станция.
- III. полевые станции
- IV. центр измерения.

11. The field arrangement of the units of the GE-30 in dipole-equatorial sounding

- I. base station
- II. generator
- III. moving stations
- IV. centre of field arrangement

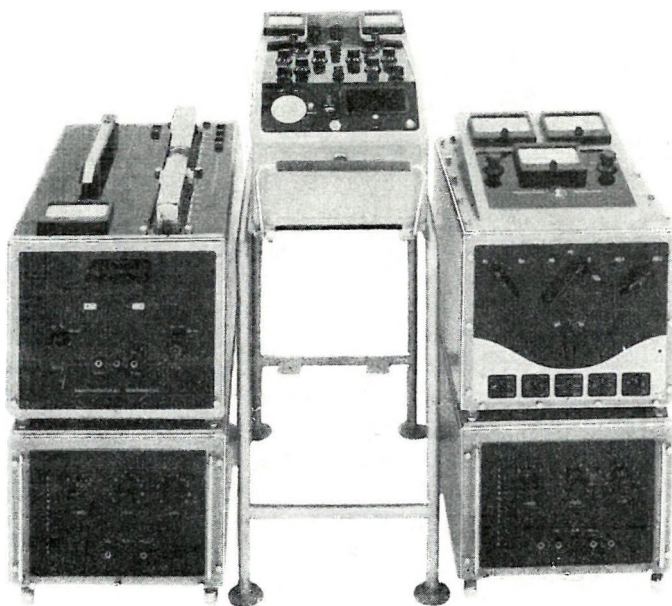


## II. A GE – 30 TÍPUSÚ MÉRŐBERENDEZÉS

A berendezés kísérleti példánya a Geofizikai Intézetben 1962-évben készült el, 1500–3000 m mélységű kutatás céljaira. Ez a magyarországi viszonyokat figyelembe véve  $AB_{max} = 30000$  m elektródátávolságnak felel meg  $AMNB$  szondázásnál és  $R_{max} = 15000$  m dipol távolságnak dipol-ekvatoriális szondázásnál. A berendezés technikai kivitelezése elsősorban a dipol szondázás követelményeit veszi figyelembe, de rutinszerűen használható  $AMNB$  és más elektróda elrendezésnél is.

A 11. ábra a berendezés egységeinek elhelyezkedését szemlélteti dipol szondázásnál. A generátorkocsi és a bázis ( $I$ ) műszerkocsi a mérési középpont közelében helyezkedik el. A tápáramot az  $A$  és  $B$  elektródarendszerekhez, valamint a külső árnyékoló kör áramát a  $K$  elektródához a báziskocsiból vezetik. Az  $M$  és  $N$  elektródapáron jelentkező potenciálkülönbséget a bázistól függetlenül a mozgó ( $+ \Delta V$  és  $- \Delta V$ ) műszerkocsival mérik.

1. A generátorkocsin két, egyenként 400 V feszültségű, 5 KW teljesítményű motorhajtású generátor biztosítja a tápáramot. A motorokon automatikus gázszabályozó van, amely biztosítja a motor megfelelő fordulatszámát, abban az esetben is, ha a generátorról levett teljesítmény változik.



12. ábra. Báziskocsi műszerfala előlnézetben

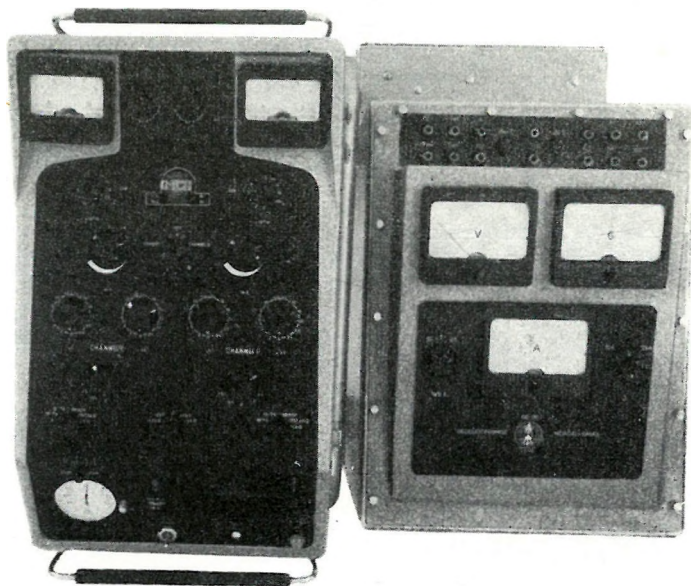
Fig. 12. Панель базисной станции спереди

12. The instrument-panel of the base-station (front view)

2. A bázis és közvetve az egész mérőállomás munkáját a *bázisműszerkocsiból* vezérlik. Ide csatlakozik a tápáram a generátorkocsiból és innen kapcsolják az áramot a megfelelő elektróda rendszerre ( $A_1$ ,  $B_1$  vagy  $A_2$ ,  $B_2$ ). Itt állítják be a tápáramerősséget, ami vagy a generátor feszültségének szabályozásával, vagy pedig az  $A$ ,  $B$  földelések átmeneti ellenállásának változtatásával történik. A generátor gerjesztő ellenállása a bázis műszerkocsiban van elhelyezve. A feszültség szabályozást ennek segítségével az észlelő, az elektródák ki- és bekapcsolását a földeléseknél levő munkás végzi telefonutasításra. A bázis műszerkocsiban négy mérőegység, valamint egy további egységbe építve több segédberendezés helyezkedik el (a műszerfal fényképét lásd a 12. és 13. ábrán):

- a) kapcsoló mű.
- b) „műföld” ellenállásorok.
- c) T-14/A típusú automatikus fotoregisztráló,
- d) segédberendezések (generátor gerjesztő körének ellenállása, nagyfeszültségű  $M\Omega$  mérő, léghűtő berendezés).

A kapcsolómű elvi működését a 14. ábra szemlélteti. A generátor árama  $H_1-H_2$  kapcsolón keresztül jut a  $J_1-J_2$  váltókapcsolóra és ennek „AB”



13. ábra. Bázis műszerfal fotoregisztrálója és kapcsolóműve (felülnézet)

Fig. 13. Панель базисной станции с фоторегистрирующим и управляющим устройствами (сверху)

13. The photo-recorder and switch-unit of the base-station instrument-panel (top view)



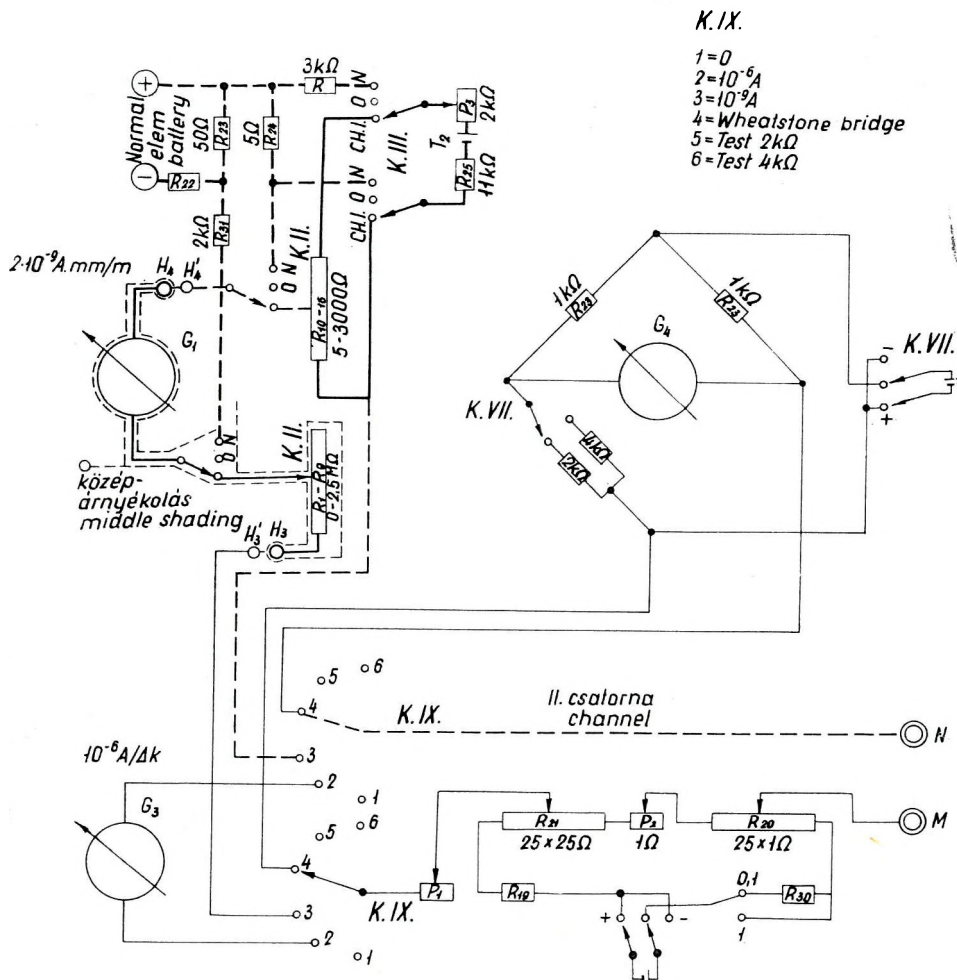
állításában a  $K_1 - K_4$  négyáramkörös műveletkapcsolóra. Ez utóbbival szabályozható az egész berendezés működése. „I” állásban a tápáram a  $G_1 - G_2$  kapcsolón és a földelések elé kapcsolt elektróda telefon 50 A-es egyenirányítóján keresztül az  $A$  és  $B$  földelésre jut.  $K_1$  és  $G_2$  között helyezkedik el az  $R_0$  nagyteljesítményű precíziós ellenállás (értéke  $0,01 \pm 0,5\%$ , terhelhetősége 25 A); az itt levő két csatlakozón keresztül jut a tápárammal arányos  $R_0 I$  feszültségkülönbség a fotoregisztrálóba.  $K_1 - K_4$  kapcsoló „Wh” állásban megmérhetjük a generátor sarkaira kerülő összellenállást, amely a kábelek ellenállásából, az  $AB$  földelések átmeneti ellenállásából és a két tápelektroda között levő közöttömeg ellenállásból tevődik össze. A mérést  $Mf_0$  és  $Mf_{max}$  kivezetéshez csatlakozó ellenállással segítségével végezzük el, ilyenkor ez a Wheatstone-híd ismert ellenállásának szerepét tölti be. A híd többi ága  $K_1 - K_4$  kapcsoló megfelelő pontjaihoz kapcsolódik, azzal a feltétellel, hogy a híd telepének árama a generátorral megegyező polaritással – az 50 A-es egyenirányítón keresztül – jusson a földelésekre. A híd három érzékenységgállással (10; 1; 0,1) dolgozik 10–4000  $\Omega$ , 1–400  $\Omega$  és 0,1–40  $\Omega$  értékhatárok között.

A berendezés távközlési egysége a műveletkapcsoló „T” állásban működik. Elvi felépítése a következő: Ha az  $A$  és  $B$  földeléseknél levő elektródateletonon a telefon árama a generátorral ellentétes polaritással halad át, akkor ezt az 50 A-es egyenirányító kizárja. A T-vel jelzett telefonhallgatón és a mikrofonon keresztül viszont áthaladhat, mivel az itt elhelyezkedő 0,5 A-es egyenirányítók átengedik. Ez utóbbiak ugyanekkor a nagyfeszültségű tápáramot kizárják. Ezzel a megoldással elérhető, hogy a bázisműszerkocsitól a tőle 1–15 km távolságban levő  $A$  illetve  $B$  földeléshez a tápáramot, a Wheatstone-híd áramát és a telefonáramot ugyanazon a kábelben vezessük. A távközlési egység működését  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$ , háromállású több áramkörös telefonkapcsolók szabályozzák.

A „műföld” ellenállássor nagyteljesítményű ellenállásokból áll. Két, egymással teljesen azonos felépítésű egysége egyenként 12,5 A-rel, párhuzamosan kapcsolva 25 A-rel terhelhető. Sorozatkapcsolójával  $3 \times 100 \Omega$ ,  $9 \times 10 \Omega$ ,  $9 \times 1 \Omega$  kapcsolható. Az ellenállássor a generátor terhelésének úgynevezett „műföld eljárással” való stabilizálására szolgál. Az  $I$  regisztráció időszakát kivéve, a generátort az  $J_1 - J_2$  váltókapcsolón keresztül az ellenállássor terheli. Előzőleg Wheatstone-híd méréssel az ellenállássort olyan értékre állítjuk be, amely a generátort  $\pm 1 - 3\%$  pontossággal az  $AB$  földelésnek megfelelően terheli.

Az  $R_0$  ellenálláson jelentkező feszültségkülönbséget a  $T - 14/A$  típusú berendezéssel regisztráljuk. A bázis műszerkocsiban erre a célra a regisztráló belső középpárnyékolással ellátott II. számú csatornáját használjuk. A berendezés a tulajdonképpeni  $I$  regisztráció idején a 15. ábrának megfelelő kapcsolatban dolgozik. Ebben az esetben az  $R_0$  ellenállás a  $H_3$  és  $H_4$  csatlakozón, valamint az  $R_1 - R_9$  ellenálláson keresztül kapcsolódik a  $G_1$  galvanométerre. Utóbbi érzékenysége  $2 \cdot 10^{-9}$  A/mm/m. A megfelelő előtétellenállás a  $K.II$ . érzékenyséskapcsolóval állítható be. Értéke olyan, hogy az  $I$  regisztráció  $I = 0,03$  A-tól  $I = 30$  A-ig bármilyen tápáramerősségnél elvégezhető legyen. A szomszédos érzékenységfokozatok aránya 1 : 3.





15. ábra. T-14/A regisztráló elvi kapcsolása I regisztrációnál

1. I regisztráció:  $R_0$  gyengeáramú kör
2. A gyengeáramú kör kapcsolása belső hitelesítéskor
3. Belső középárnyékolás
4. Belső hitelesítő kör
5. Külső hitelesítés normálemlemmel

Фиг. 15. Принципиальная схема регистрирующего устройства Т/14/А при регистрации I. Регистрация I. цепь  $R_0$  слабого тока. Схема включения цепи слабого тока при внутренней градуировке. Внутреннее среднее экранирование. Внутренняя градуировочная цепь.

Внешняя градуировочная цепь с нормальным элементом.

15. Generalized circuit-diagram of the T-14-A recorder in the position I

- I recording:  $R_0$  weak-current circuit  
 Weak-current circuit at inner test  
 Inner middle shading  
 Inner test  
 External test with normal-battery

Mind a kapcsolóműben levő  $R_0$  ellenállás, mind pedig a regisztráló galvanométere és a megfelelő vezetékek árnyékoltak. Az egyes árnyékoló egységek a belső középpárnyékoló körhöz csatlakoznak  $K_{\text{árny}}$  kivezetésen keresztül. Figyelembe véve a korábban leírtakat, a csatorna szigetelése legalább  $1\,000\,000\,M\Omega$ .

A generátor gerjesztő körének ellenállása (mindkét generátoré külön-külön) a bázis műszerfal „segédberendezések” egységében helyezkedik el. Ugyanabban az egységben található a léghűtő berendezés, amely a két műföld ellenállássoron hideg levegőt áramoltat keresztül.



16. ábra. Mozgó ( $\Delta V$ ) műszerkocsi a báziskocsival (utánfutó)

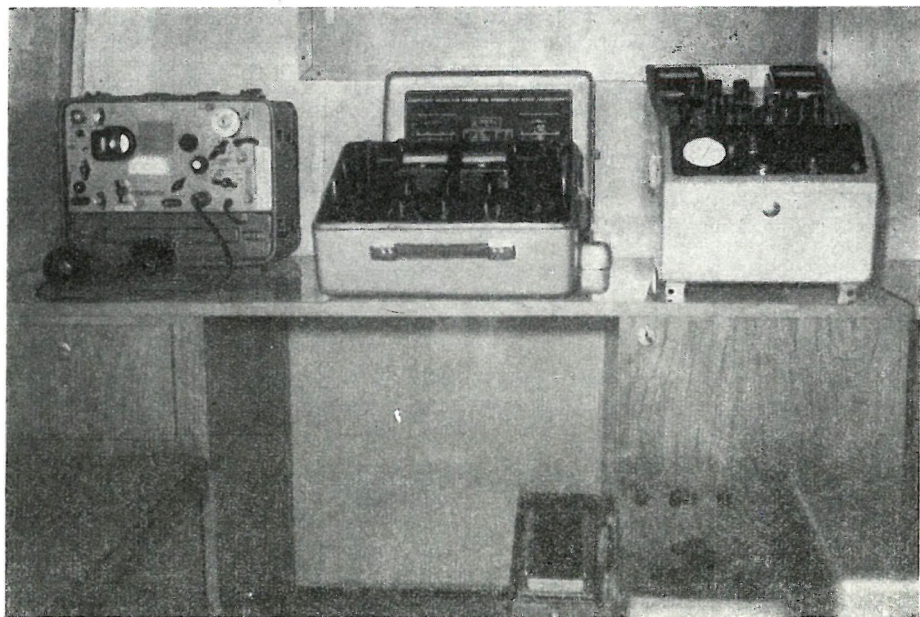
Рис. 16. Полевая станция ( $\Delta V$ ) с базисной станцией (прицеп).

16. Moving ( $\Delta V$ ) station with the base-station (trailer)

3. A mozgó műszerkocsiban az  $M$ ,  $N$  elektródapáron jelentkező  $\Delta V$  potenciálkülönbséget regisztráljuk. A regisztrációt — a tellurikus mérésekhez hasonló módon — T-14/A típusú berendezéssel végezzük (a műszerkocsi belső kiképzését a 17. ábra mutatja be). A kocsi alkalmas  $\Delta V$  és tellurikus regisztrálásra, valamint sekélyszondázásokra ( $GE-20$  típusú automatikusan számoló kompenzátorral). Az összeköttetést az  $MN$  elektródákkal tranzisztoros hangosbeszélő biztosítja, amely az elektróda kábellel működik. A mozgó műszerkocsi és a bázis között rádióösszeköttetés van.



A GE-30 mérőberendezés tervezésének előtanulmányainál alapvető munkásságot fejtett ki Dr. Ádám Antal tud. oszt. vez. és Erkel András tud. oszt. vez. A mérőberendezés építésénél közreműködött Hoffer Egon, Nyitrai Tibor, Szabó Margit és Salamon Judit tudományos munkatárs, valamint Bíró Zoltán és Varga József észlelő. Értékes munkájukért köszönet illeti őket.



17. ábra. Mozgó műszerkocsi belső térképezése

Фиг. 17. Исполнение внутреннего пространства полевой станции.

17. Interieur of the moving station

## IRODALOM

1. *Ádám A. – Szabadváry L.*: 1961. Tanulmány a magyar „geoelektromos tereplaboratórium” kialakításáról. MTA Geofizikai Kutatólaboratórium kézirata.
2. *Ádám A. – Erkel A. – Szabadváry L.*: 1962. Neue ungarische geoelektrische Instrumente. Geofizica pura e applicata – Milano. Bd., 52.
3. *Alekszejev S. M. – Berdicsevszkij M. N. – Zagarmisztr A. M.*: 1958. Primenyenyije novih metodov elektrorazvedki v Szibiri. Prikladnaja Geofizika, vip. 18.
4. *Bogdanova O. I. – Sabonov B. A.*: 1961. O vozmozsnosztyjah metoda sztanovlenyija pri izucsenyii reljefa krisztalliceszkovo fundamenta. Razvedocsnaja i promiszlovaja geofizika, vtip. 41.
5. *L. Miagaux – I. L. Astier – P. H. Revol*: 1960. Un essai de détermination expérimentale de la résistance électrique des couches profondes de l'écorce terrestre. Annales de géophysique, N°. 4.
6. *Szabadváry L.*: 1963. A nagymélységű geoelektromos kutatás fejlődése Magyarországon. Magyar Geofizika. IV. évf. 1–2.
7. *Veber V. T.*: 1957. Rezuljtati iszledovanyija efekta sztanovlenyija elektr. polja na territorii mezsdurecsja Amur Zeja. Razvedocsnaja i promiszlovaja geofizika, vtip. 19.

c. ЭВА КИЛЕНИ

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОСЛЕДУЮЩИХ ВСТУПЛЕНИЙ ПРЕЛОМЛЕННЫХ ВОЛН В СЕЙСМОРАЗВЕДКЕ

В процессе сейсмических измерений методом преломленных волн в районе Венгерского бассейна наблюдаются последующие вступления, имеющие весьма большую энергию. Изучение особенностей последующих вступлений позволяет сделать вывод о том, что они представляют собой рефрагированную волну, многократно отражаемую от дневной поверхности. Такие же волны могут возникать только в толще, характеризующейся скоростным градиентом.

Энергетические условия первых и последующих вступлений также были подвергнуты исследованию. Как кинематические, так и динамические особенности дают возможность изучать строение осадочной толщи.

ÉVA SZ. KILÉNYI

## THE APPLICATION OF REFRACTION LATER ARRIVALS IN SEISMIC EXPLORATION

In the course of refraction seismic measurements in the area of the Hungarian Basin there appear later arrivals with very high energy. The investigation of the characteristics of later arrivals allows to conclude, that in this case penetrating direct waves, reflected multiply from the surface, are encountered. Waves of such type, however, can be generated only in a complex of strata, characterized by velocity gradient.

The energy conditions of first and later arrivals were also examined. Both kinematic and dynamic characteristics offer the possibility to investigate the structure of the sedimentary complex.

## A REFRAKCIÓS KÉSŐBBI BEÉRKEZÉSEK FELHASZNÁLÁSA A GYAKORLATI SZEIZMIKUS KUTATÁSBAN

SZ. KILÉNYI ÉVA

### I. BEVEZETÉS

A refrakciós későbbi beérkezések értelmezésével 1961-ben kezdtünk foglalkozni a Geofizikai Intézet Szeizmikus Osztályán. 1962-ben a Magyar Geofizikusok VIII. Nemzetközi Szimpóziumán beszámoltunk az addig elért eredményekről. Azóta kísérleti méréseket végeztünk, és tovább folytattuk vizsgálatainkat.

Úgy gondoljuk, hogy eredményeink gazdagítják a korrelációs refrakciós módszer alkalmazási körét, és így érdeklődésre tarthatnak számot. Ezért, az érthetőség kedvéért, összefoglaljuk a régebbi adatokat, és az újabb eredmények részletezésével a refrakciós későbbi beérkezések kiértékelését már mint rutinszerű eljárást szeretnénk ismertetni.



## II. A REFRAKCIÓS BEÉRKEZÉSEK FREKVENCIAELOSZLÁSA – MŰSZERÁTVITEL

A szeizmikus műszerek helyes tervezésének feltétele a beérkezések frekvencia-spektrumának ismerete. Régebbi műszereink frekvencia-karakterisztikája nem tette lehetővé, hogy erre vonatkozólag pontosabb vizsgálatokat végezzünk. Ennek ellenére megmutatkozott, hogy nagyobb mélységek kutatásakor igen alacsony frekvenciás átvitelre kell törekednünk. 1960-ban hozzákezdünk egy tranzisztoros erősítőtípus kidolgozásához. Az első hatcsatornás kísérleti példányt 1961 őszen összehasonlítottuk egy 26 csatornás elektroncsöves, ún. normál műszerrel. A töltet 100 kg, észlelési távolság 40 km, geofonköz 40 m volt. Az erősítést úgy állítottuk be, hogy az alapzaj mindkét félterítésben azonos legyen. Az 1. sz. ábrán az így kapott szeizmogram egyes szakaszait mutatjuk be. Látható, hogy az alapzaj (felső szeizmogram) azonos, és az első beérkezésektől (középső szeizmogram) a későbbiek (alsó szeizmogram) felé haladva a tranzisztoros erősítő amplitudóinak aránya a normál műszeréhez képest egyre növekszik. A jelenség magyarázatául szolgálhat a 2. sz. ábrán látható diagram. Ezen három különböző robbantás (két vízi és egy lyuk-robbantás) hullámainak frekvenciáit a látszólagos sebesség függvényében ábrázoltuk. A látszólagos sebességek az idő növekedésével csökkennek. Mint a diagramból láthatjuk, a frekvenciára általában 6–10 Hz közötti értékeket kaptunk, de a mélyből jövő, nagysebességű beérkezések frekvenciái nagyobbak, mint a későbbi, azaz kisebb látszólagos sebességű beérkezéseké. A 3. sz. ábrán látható frekvencia-karakterisztikák mutatják, hogy a tranzisztoros műszer görbéje jóval laposabb, mint a normál műszeré, és így kevésbé torzítja a kiolvasható frekvenciákat.

Ha a későbbi beérkezéseket a kiértékelés során fel tudjuk használni, fokozottan előtérbe kerül alacsony frekvencia-átvitelű műszerek tervezése.

## III. A REFRAKCIÓS KÉSŐBBI BEÉRKEZÉSEK KELETKEZÉSE

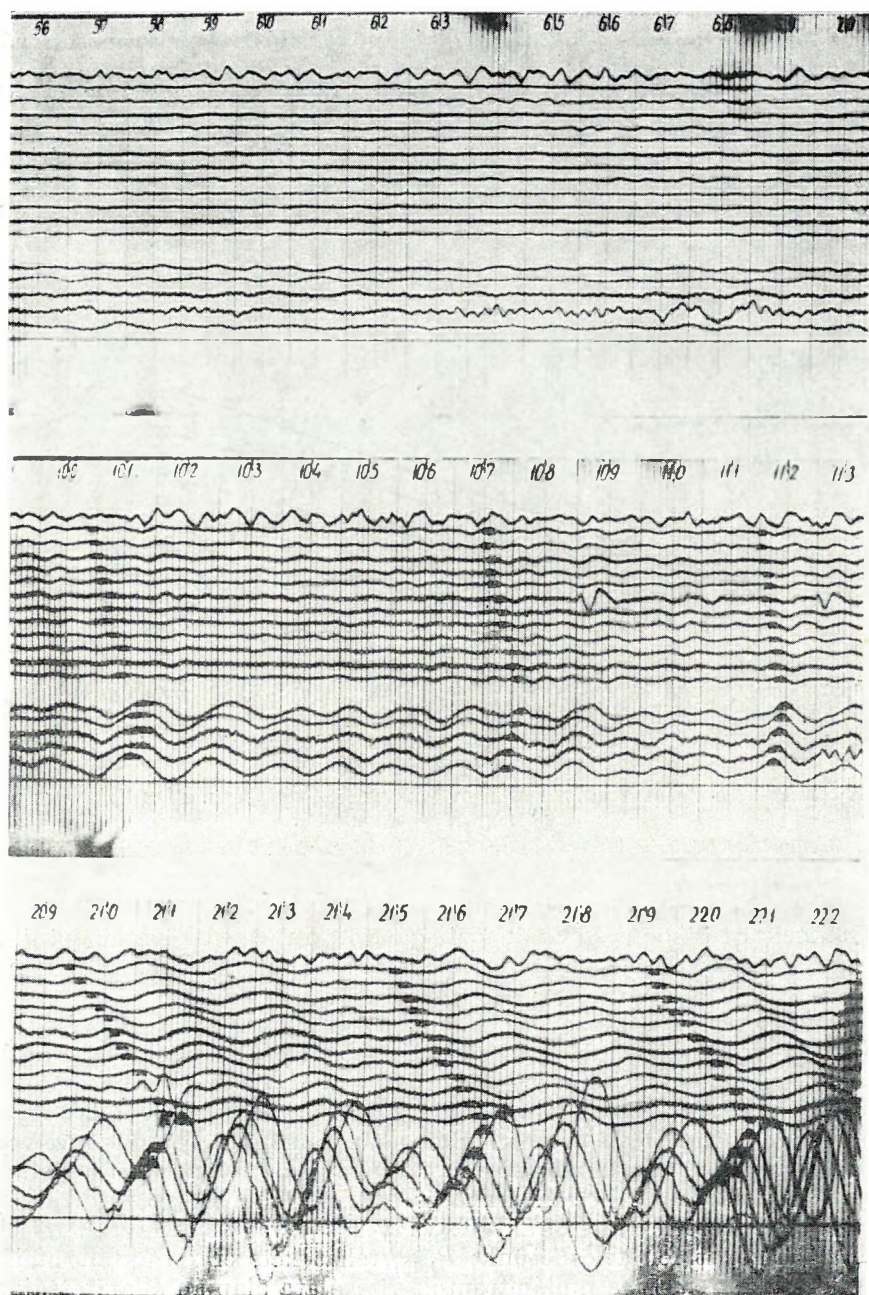
1961-ben a későbbi beérkezések hullámtani vizsgálata céljából kísérleti mérést végeztünk Szentes környékén. Három komponens együttes észlelésével megállapítottuk, hogy a későbbi beérkezések is longitudinális testhullámok.

A refrakciós későbbi beérkezések egyéb, kinematikai és dinamikai problémáinak tisztázására 1962-ben egy kb. 25 km hosszú kísérleti vonal mérését végeztük el Hajdúszoboszló és Püspökladány között, a  $HoR - K - I$ -et.

Ennek a mérésnek az volt a célja, hogy dinamikai vizsgálatokra is alkalmas mérési anyaghoz jussunk, és tisztázhassuk az eddigi homályos sejtéseket vagy bizonyíthatatlan feltevéseket.

A  $HoR - K - I$  szelvényt már 24 csatornás tranzisztoros műszerrel mértük, így az előző mérési anyaghoz képest jóval kisebb mérvű műszertorzítással kellett számolnunk.

A mérési anyag igazolta a refrakciós későbbi beérkezések tulajdonságairól alkotott korábbi megállapításainkat. Ezek lényegét a következőkben foglalhatjuk össze:

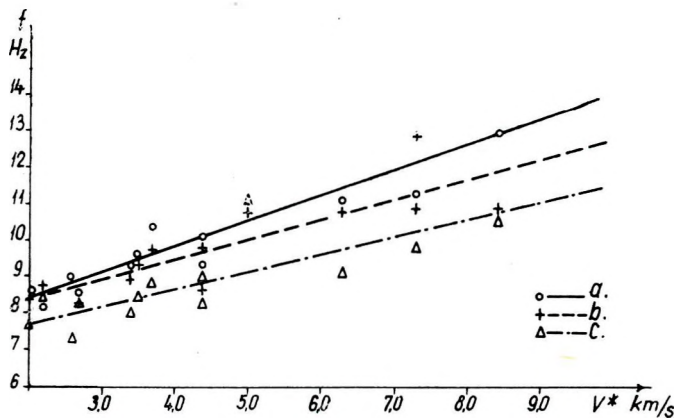


1. ábra. 26 csatornás normál- és 6 csatornás tranzisztoros műszer összehasonlító felvételének részletei

Fig. 1. Участки сравнительной записи 26-канальной нормальной и 6-канальной транзисторной аппаратуры.

Fig. 1. Details of comparative record of the 26 channel normal and 6 channel transistorized seismic apparatus

1. látszólagos sebességük a távolság növekedésével folytonosan növekszik (görbülnek);
2. egy adott terítésben az egymásutáni beérkezések közti időintervallum az idő növekedésével csökken;
3. egy adott terítésben az idő növekedésével csökken az egyes beérkezések látszólagos sebessége;
4. egy adott terítésben a későbbi beérkezések energiája nagyobb, mint a korábbiaké.



2. ábra. A beérkezések frekvenciái a látszólagos sebesség függvényében. a és b vízi robbantás; c lyukrobbantás

Фиг. 2. Зависимость частот вступлений от кажущейся скорости. а) и б) взрыв в воде, с) взрыв в скважине.

Fig. 2. Frequencies of arrivals versus apparent velocities. a and b shot in water, c holeshooting

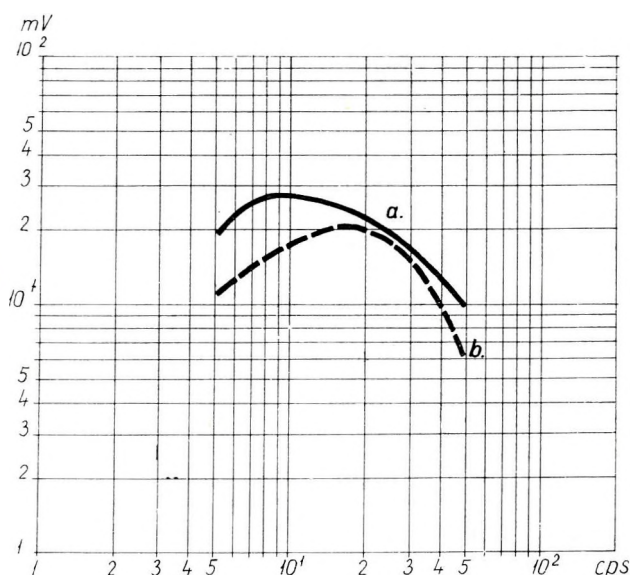
Ezeknek a tulajdonságoknak a vizsgálata arra enged következtetni, hogy a felszínről többszörösen visszavert bemerülő direkt hullámokkal van dolgunk.

A reverberációknak igen nagy irodalma van. A reflexiós mérések során lehetséges reverberációk közül általában a felszínről egyszer vagy többször visszavert hullámot tartják a leggyakoribbnak. A talaj-levegő határ reflexiós koefficiense az egység körül van, erről a határról való visszaverődéskor energiavesztés jóformán egyáltalában nincs. Ez a tényező tehát adott. De vegyük sorra a többi feltételt is. Berzon és Jepinatyeva (1952) részletesen foglalkoztak a reverberált refrakciós hullámokkal, és arra az eredményre jutottak, hogy vagy  $P_{11121}$ , azaz reflektált-refraktált, vagy  $P_{12111}$ , vagyis refraktált-reflektált jellegű hullámokat feltételezhetünk;  $P_{12121}$ , tehát kétszer refraktált hullámok nem jöhetnek létre. Ezt a hullámfrontok vizsgálata alapján állapították meg. Ezen túlmenően, csak a  $P_{11121}$  hullámok útidőgörbéje párhuzamos a  $P_{121}$ -el, a  $P_{12111}$  hullám útidőgörbéje már nem párhuzamos. Az energiaviszonyokra nézve azt írják, hogy a reverberált hullámok amplitúdója jóval kisebb, mint az első beérkezéseké.



Ezek a jelek nem egyeznek a megfigyeléseinkkel, tehát nem reflektált-refraktált vagy refraktált-reflektált hullámokkal van dolgunk. A mi észleléseinkhez sokkal inkább hasonló a kínai szerzők (Tseng Jung-seng, 1962) által a Cajdam medencében megfigyelt hullámok egy része. Ők többek között görbülő, nagyenergiájú beérkezéseket észleltek, amelyeket egyes, sebességgradienssel jellemezhető rétegekhez kapcsoltak, és a hullámoknak a felszínről való többszörös visszaverődésével magyaráztak.

Ha átgondoljuk az ilyen, többszörösen visszavert hullámok törvényszerűségeit, beláthatjuk, hogy azok azonosak az általunk megfigyelt későbbi beérkezések jellegzetességeivel. A kínai szerzők ezen a hullámtípuson kívül leírnak fejhullám-reflexiókat ( $P_{12111}$ ) és többszörös reflexiókat ( $P_{1111}$ ) is, míg a magyar medencében ezeket a hullámokat eddig jóformán egyáltalában nem észleltük.

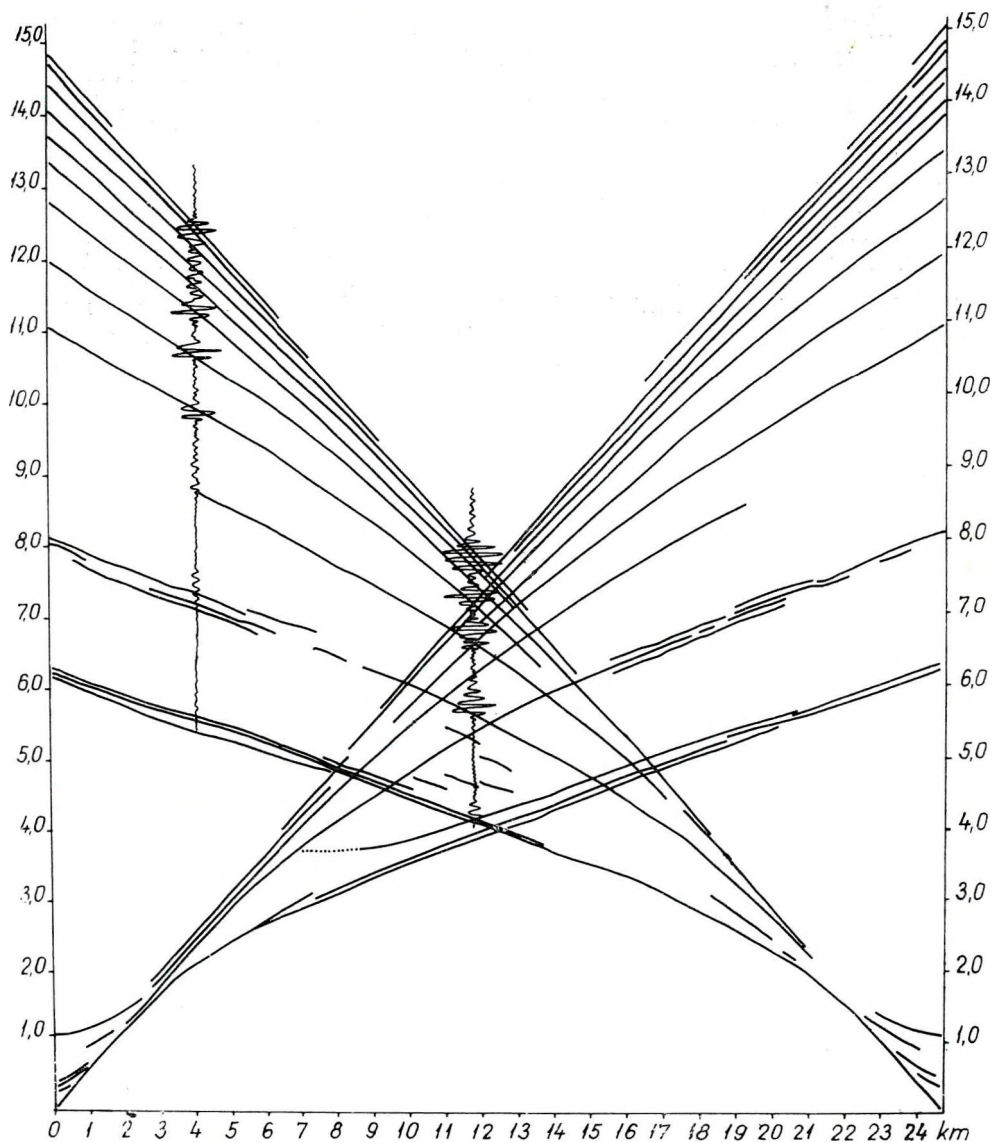


3. ábra. A normál és a tranzistoros műszer frekvencia karakterisztikája. *a* tranzistoros, *b* normál műszer

Фиг. 3. Частотные характеристики нормальной и транзисторной аппаратуры. *a*) транзисторная аппаратура; *б*) нормальная аппаратура.

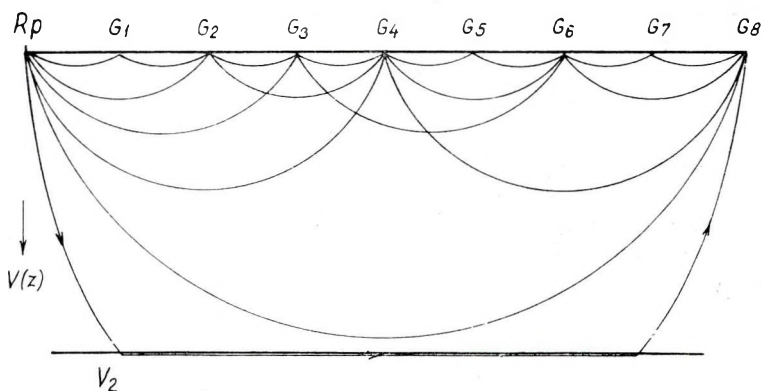
Fig. 3. Frequency characteristics of normal and transistorized apparatus. *a* transistorized, *b* normal apparatus

A 4. sz. ábrán, ami a  $HoR - K - I$  szelvény teljes menetidőgörbe rendszerét ábrázolja, két ponton felrajzoltuk a szeizmogram képét. A bejelölt egyéb hullámok energiája elhanyagolható a többszörösök energiája mellett, inkább csak fázisazonosságukkal tűnnek elő az alapzaj háttérből.



4. ábra. A HoR - K - 1 szelvény teljes menetidő görbe rendszere  
 Фиг. 4. Полная система годографов по профилю HoR - K - 1.  
 Fig. 4. Complete travel-time diagram of the profile HoR - K - 1.

Felvetődik a kérdés, hogy a magyar medencét kitöltő üledékösszletben számolhatunk-e egyáltalában a köznapri értelemben vett refraktált, azaz fejhullámok létrejöttével. Ha csak az első beérkezések menetidőgörbéjét figyeljük, feltűnik, hogy azok látszólagos sebessége határozott törés nélkül, folytonosan növekszik. A szeizmogram elemzésekor a kb. 2–2,5 km vastag medence-üledékösszletben mindössze két hullámváltást lehet felfedezni. Az első a robbantóponthoz egész közel van, tehát a felszín közeli ún. „mállott réteg” talpát jelenti, a másik pedig 3–4 km távolságban, ami kb. 1 km-es aljzatmélységnek felel meg. Abban a két vastag összletben, amely e réteghatár alatt illetve felett van, a sebesség a mélységgel folytonosan növekszik, de gradiense különböző. *Az ilyen folytonosan növekvő sebességű összletben pedig nem keletkeznek fejhullámok, hanem bemerülő, direkt hullámok és ezek többszörösei* (Ádám-Kilényi, 1963. — 5. ábra).



5. ábra. Vázlat a bemerülő direkt hullámok és többszöröseik sugárútjának bemutatására

Фиг. 5. Схема траекторий рефрагированных волн и их многократных волн.

Fig. 5. Schematic figure for representing the trajectories of penetrating direct waves and their multiples

Miután a többszörös hullám bemerülési mélysége elérte a medencealjzatot, megjelennek a refraktált-refraktált hullámok, mégpedig ugyanazzal a szabályszerűséggel, amellyel Berzon és Jepinatyeva leírták. Az amplitudó hirtelen csökken és a hullámok — egy zavaros átmeneti zóna után erősödve — az első beérkezéssel közel párhuzamos fázistengellyel jelennek meg. A fázisok nem korrelálhatók olyan jól, mint a többszörös bemerülő hullámoknál, a menetidőgörbe szakadozott. Ez a jelenség is bizonyítja, hogy ebben a fiatal harmadkori medencében a medencealjzat az egyetlen refraktáló határfelület.

Ezekből a jellegzetes hullámjelenségekből már következtethetünk a medenceüledékek sajátosságára. Még további megfigyeléseket is tehetünk, de ezekre később térünk ki.

## IV. A HULLÁMOK ENERGIAVISZONYAI

### 1. Amplitudógörbék

A 6. sz. ábrán bemutatjuk a  $HoR - K - I$  szelvény  $0^\circ$  robbantópontjából kapott beérkezések egyesített menetidő- és amplitudógörbéit.

Az amplitudógörbéket úgy szerkesztettük, hogy valamennyi szeizmogramot az elsőre redukáltuk. Az ábrán az alapskálában az első beérkezés és a kétszeres, valamint a háromszoros hullám látható, a további többszörösökre a megfelelően eltolt időskála vonatkozik.

Vizsgáljuk meg az első beérkezés amplitudógörbéjét. Elsőként egy valószínűleg vékony rétegről jövő, gyorsan csillapodó beérkezés jelentkezik, majd az interferencia zóna után egy lassabban csillapodó, hosszabban tartó hullám. és 3,4–3,6 km között erősen csökkent amplitudójú interferenciás zóna után a harmadik, alig csillapodó hullám. 5,6–5,8 km távolságban ismét, csökkent amplitudójú interferenciás zóna után, hirtelen általános amplitudócsökkenéssel a medencealjzat jelentkezik. Az ábrán itt egy nagyságrendet ugrattunk az amplitudó-léptékben. A medencealjazatról kapott beérkezés amplitudógörbéje a 13 km környékén hirtelen változást, csökkenést mutat, ami valószínűleg közzetani változással vagy egyéb földtani tényezővel függ össze.

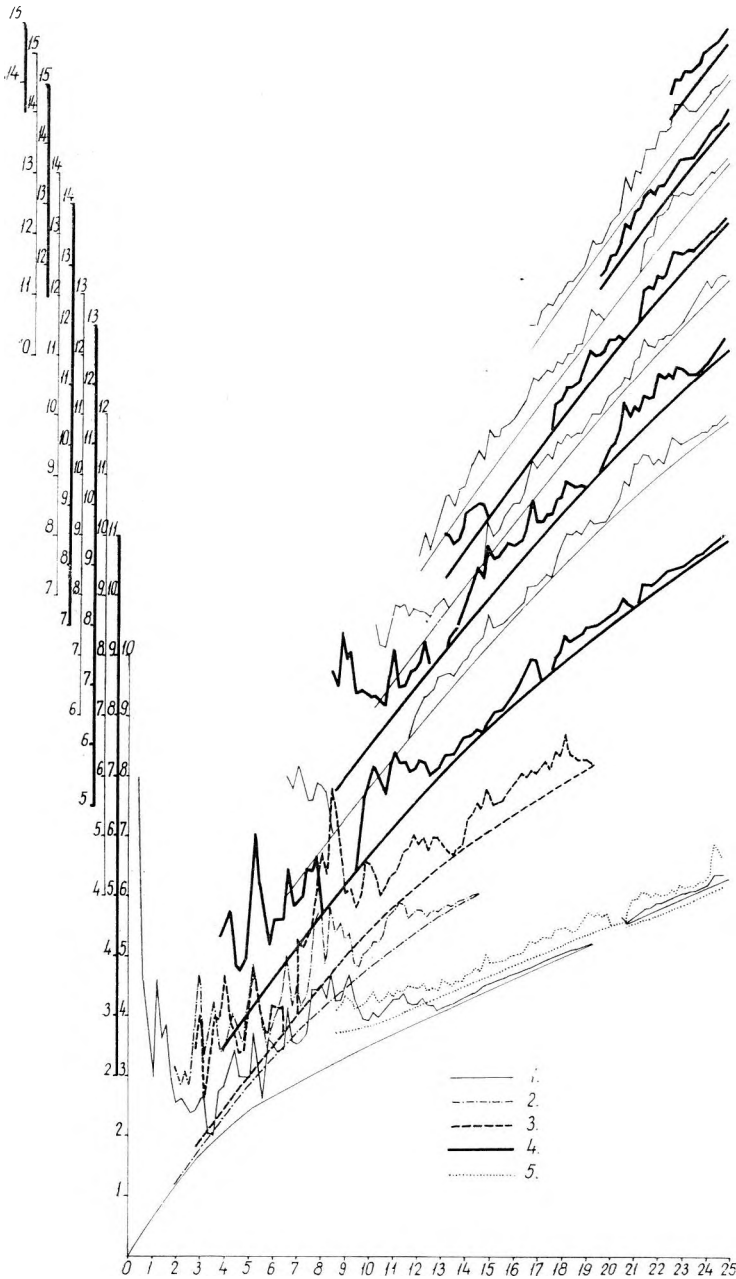
A menetidőgörbén és az egyesített amplitudógörbén látható egy, a medencealjaztnál mélyebb szintről jövő hullám is. Ez valószínűleg a mélybe zökkent paleozoós kristályos alaphegység felszínéről jön. (Ennek domborzati és mélységi meghatározására ez a mérés nem elegendő, de ez nem is tartozott a mérés feladatai közé.) Az amplitudógörbéből mindenesetre megállapíthatjuk, hogy ez a felszín egy vastag, konszolidált képződmény felszíne, a hullám energiája a távolság növekedésével alig csökken.

A többszörösök amplitudógörbéinek vizsgálata a következő: Az ötszörös hullámot véve alapnak, a többi hullám távolságértékeit  $5/m$ -szeresre nyújtjuk, ahol  $m$  a többszöröződés fokát jelenti. Így a közelítőleg azonos mélységből jövő hullámok amplitudógörbéi egymás alá esnek. Ennek alapján megkísérelhetjük a beérkezések jellegzetes pontjainak azonosítását (7. sz. ábra). A különféle hullámokhoz tartozó megfelelő távolságszakaszokat az ábra alján külön skálákkal ábrázoltuk.

Eredeti tervünk az volt, hogy a beérkezések energiasűrűsödési és ritkulási helyeinek összevetéséből energiaszinteket szerkesztünk. Ettől a valóságos dőlésviszonyok leírását vártuk (Kilényi-Trenka, 1963). Ennek elméletét a következő 8. sz. ábra mutatja. Ha egy sebességgradienssel jellemzett rétegösszletben egy, a környezeténél nagyobb vagy kisebb sebességű pad van, ez a hullámokra gyűjtő-, illetve szórólencseként hat. Az első esetben energiasűrűsödés, a második esetben ún. „néma zóna” keletkezik. Megállapíthatjuk, hogy ez a törekvésünk nem sikerült, és a sikertelenség nem a mérés kivitelének, hanem főleg az interferenciák rovására írható.

Ha az első beérkezés amplitudógörbéjét vizsgáljuk, láthatjuk, hogy energiacsökkenést az interferencia zónákban figyelhetünk meg. Energiánövekedés három helyen is megfigyelhető: 1000–1800 m, 4200–4400 m és 5100–5400 m

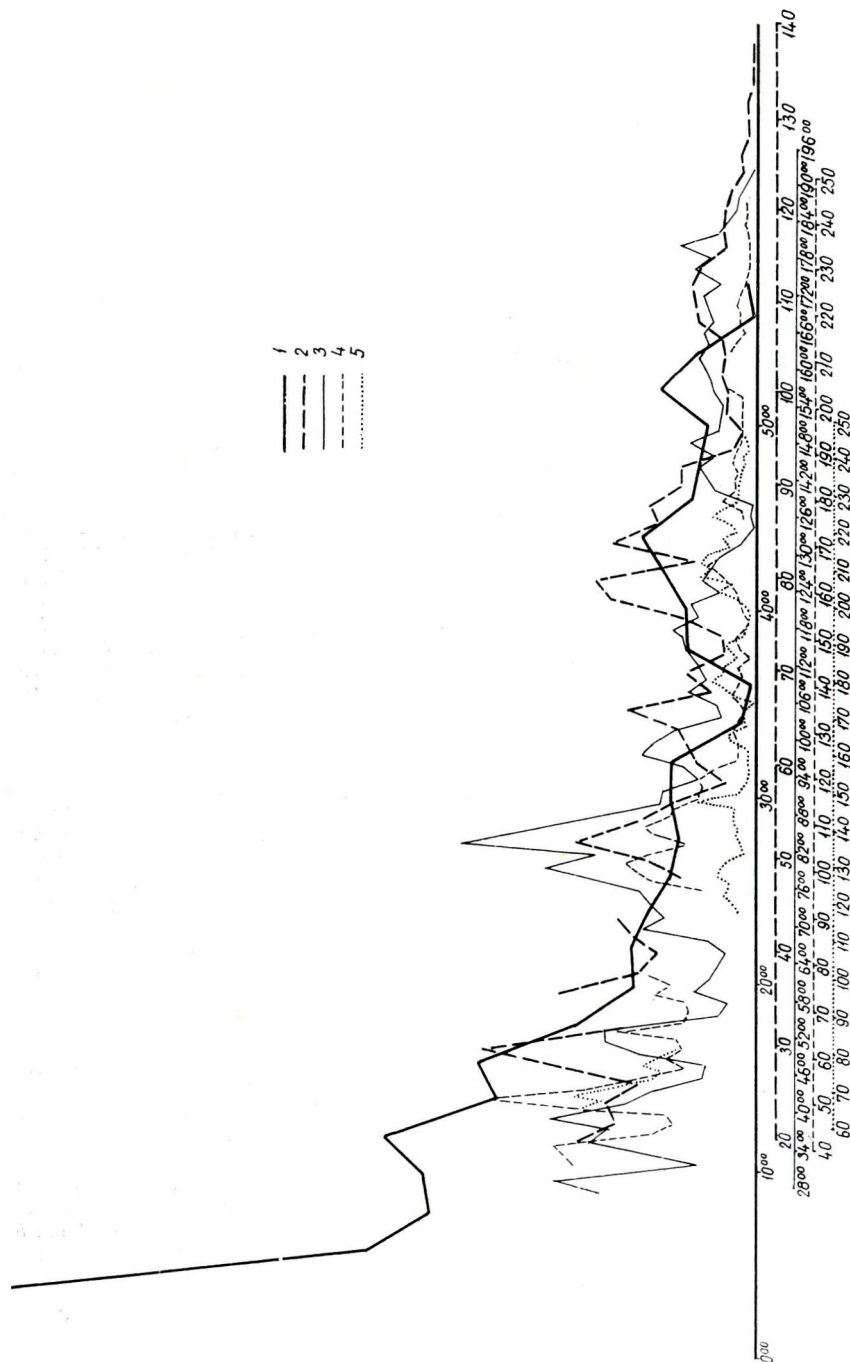




6. ábra. A HoR-K-1 szelvény 0<sup>00</sup> robbantópontjának egyesített menetidő és amplitudó görbéi 1 első beérkezés; 2 kétszeres, - 3 háromszoros, - 4 négyszeres hullám; 5 alaphegység beérkezés

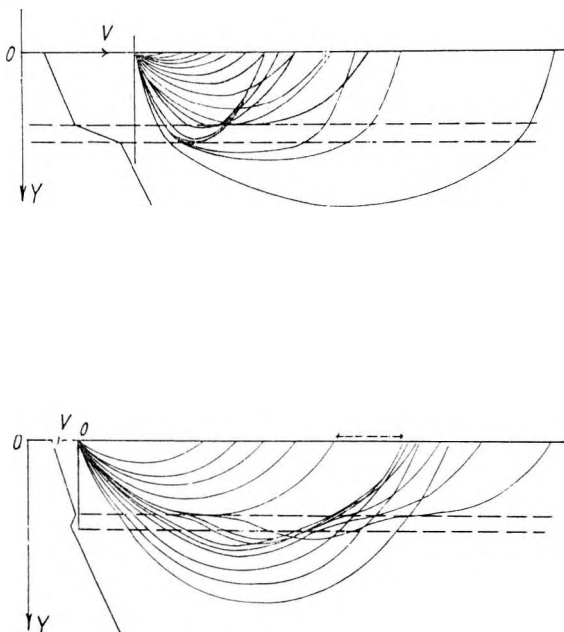
Фиг. 6. Сводные годографы и кривые амплитуд для пункта взрыва 0<sup>00</sup> по профилю HoR-K-1. 1. первое вступление; 2. двухкратная; 3. трехкратная, 4. четырехкратная волна; 5. вступление от фундамента.

Fig. 6. Combined travel time and amplitude curves of the shot-point 0<sup>00</sup> of profile HoR-K-1 1 first arrivals, 2 waves one time, - 3 two times; - 4 three times reflected from the surface; 5 waves from the base-ment



7. ábr. A  $HoR - K - I$  szelvény  $0^{00}$  robbantópontjának egyesített amplitúdó görbéi  
 1 első beérkezés; 2, 3, 4, 5 kétszeres, háromszoros stb. hullámok  
 Фиг. 7. Сводные кривые амплитуд для пункта взрыва  $0^{00}$  по профилю  $HoR - K - I$ .  
 1 первое вступление. 2, 3, 4, 5 двукратные, трехкратные и т. д. волны  
 Fig. 7. Combined amplitude curves of the shot-point  $0^{00}$  of profile  $HoR - K - I$   
 1 first arrivals; 2, 3, 4, 5 waves in time, two times etc, reflected from the surface

között. Ezeket úgy magyarázhatjuk, mint a folytonosan növekvő sebességű vastag összletben egyes vékony, nagyobb sebességű padok hatását. Dőlésüket azonban a többszörösök amplitudógörbéin már nem követhetjük. Az amplitudógörbén megfigyelhetjük, hogy a kétszeres hullám interferál a mélyből – a kristályos alaphegység feltételezett felszínéről – jövő reflektált hullámmal. Az interferencia pedig hol erősíti, hol gyengíti az interferáló hullámok amplitudóit, tehát zavarossá teszi a képet. A többszöröződéssel ezek az interferenciák tovább terjednek, és ezért igen gyér a korreláció a többszörösök amplitudógörbéi között.



8. ábra. Nagy ill. kissebességű pad hatása a bemerülő direkt hullámokra (Gogucl szerint).  
A sebességeloszlás az ábra baloldalán látható

Фиг. 8. Влияние прослойка с повышенной или пониженной скоростью на рефракрированные волны (по Гогелю). Распределение скоростей показано на левой стороне фигуры.

Fig. 8. The influence of high or low velocity bank on the penetrating direct waves (after Gogucl)  
The velocity distribution is represented on the left side of the figures

Az amplitudógörbékbl mindenesetre megállapíthatjuk a következőket:

1. az azonos mélységből jövő hullámok amplitudói kismértékben csökkennek a többszöröződéssel;

2. a medencealjzat beérkezése mindegyik amplitudógörbén (ahol egyáltalán van) hirtelen amplitudócsökkenéssel mutatkozik;

3. az első beérkezés amplitudógörbéjén mutatkozó kiugrások, amelyek esetleg padokkal azonosíthatók, és a kinematikus menetidőgörbén egyáltalán nem látszanak, sűrűbb észlelési rendszer mellett talán felhasználhatók a padok megszerkesztésére.

## 2. A többszörösök nagy energiájának magyarázata

Régóta vita tárgya a későbbi beérkezések nagy energiájának oka. Amíg az volt a felfogás, hogy a későbbi beérkezések a fedőösszlet rétegeiről jövő fejhullámok, teljesen érthetetlen volt bihetetlen nagy energiájuk (mint az egyesített amplitudógörbéből látható, az első és a későbbi beérkezések amplitudója között azonos terítésben két nagyságrendnyi különbség is lehet), és igen nagy távolságon való követhetőségük. Ha azonban a vázolt modellt tekintjük, a probléma jelentősen egyszerűsödik. Míg fejhullámok keletkezése során nagy veszteségekkel kell számolnunk (törések, reflexiók, váltóhullámok keletkezése, stb.), addig bemerülő direkt hullámoknál az ilyenek elhanyagolhatók. A talajlevegő határ reflexiókoefficiensének értéke az egység körül van, tehát komoly veszteség a felszínről való többszörös visszaverődéskor sem lép fel.

Egyes szerzők (Tseng Jung-sheng, 1962) arra hivatkoznak, hogy a fedőrétegben többszörösen megtett út rövidebb, mint a mélybehatoló hullám egyszeri útja. Ez a felfogás téves. Könnyen ellenőrizhetjük számítással, hiszen a görbült sugárút hosszát az

$$S = 2 \int_0^{\pi/2} \frac{di}{pV'(z)}$$

képlettel egyszerűen számíthatjuk (jelöléseket lásd V. 3. fejezetben). Az azonos  $x$  távolsághoz tartozó egyszeres és kétszeres hullám útjának hossza között az eltérés olyan csekély, hogy azzal a két hullám energiakiülönbsége semmiesetre sem magyarázható.

## V. A KÉSŐBBI BEÉRKEZÉSEK KIÉRTÉKELESE

### 1. Sebességfüggvény számítás

Már a III. fejezetben említettük, hogy a többszörös hullám keletkezésének feltétele: sebességgradienssel jellemezhető összlet jelenléte. Célnk ezek után a sebesség-mélység függvények meghatározása, refrakciós mérések alapján.

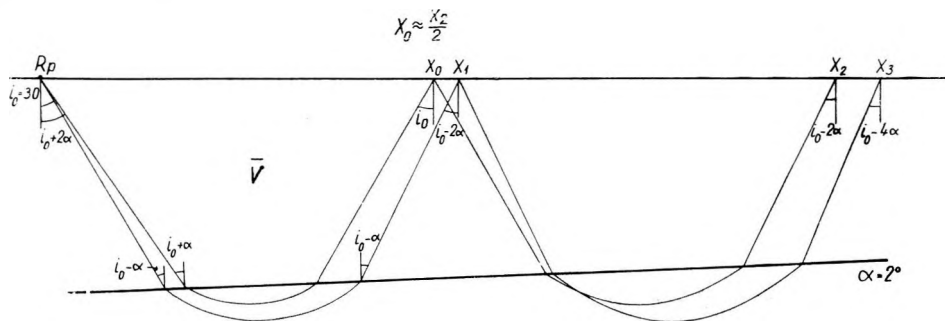
Régebbi kutatásaink (Ádám-Kilényi, 1963) során eljárást dolgoztunk ki sebességfüggvény számítására refrakciós menetidőgörbékéből. Az eljárás lényege: a görbült menetidőgörbét kettős logaritmikus léptékben ábrázolva, egyenest kapunk. Az egyenes dőléséből és tengelymetszetéből meghatározhatjuk a sebességfüggvényt. A sebességfüggvényt az egyszerű  $A \cdot t^{1/n}$  alakú hatványfüggvény formájában tételezzük fel, és a konstansok értékeit a logaritmált menetidőgörbe adataiból határozzuk meg. *A magyar medencében nem egy, hanem két, eltérő sebességgradienssel jellemezhető rétegösszletet lehet felismerni.* Ezek határa a logaritmált menetidőgörbén törésponttal jelentkezik. A töréspont után eltérő dőlésű, de ismét egyenes szakasz következik, míg végül a medencealjzat beérkezése erős görbülettel – tehát sebességugrással és állandó sebességgel tűnik ki. A mélyebb összlet sebességfüggvényét nem tudjuk meghatározni, de a menetidőgörbe második szakasza alapján egy, az egész összletre vonatkozó közelítő sebesség-mélység függvényt állíthatunk elő.

A logaritmikus menetidőgörbék szerkesztése két szempontból is lényeges. Egyrészt az ennek alapján meghatározott sebességfüggvényt felhasználjuk a medencealjazat megszerkesztésére; másrészt célunk a medence-üledékösszletben levő, a két különböző sebességgradiensű réteget elválasztó határfelület megszerkesztése is. Erre a határra jellemzők a logaritmált menetidőgörbe törésponti koordinátái. Az első beérkezések hullámváltása a szeizmogramokon felismerhető. A későbbi beérkezések hullámváltásai elmosódnak, vagy egyéb zavaró hullámok lépnek fel, végeredményben több interferenciás zóna is kijelölhető. Sebességadatok alapján a kijelölés bizonytalan; legvalószínűbbnek a logaritmált menetidőgörbe alapján végzett kijelölést tartjuk. Az amplitudőgörbét is azért szerkesztettük, mert reméltük, hogy ezek révén biztosabbá tehetjük a töréspont kijelölését. Amint azonban a IV. fejezetben említettük, a későbbi beérkezések interferenciás volta ezt meghiusította.

Összefoglalva: a többszörösök távolság- és időadatait a többszöröződés fokával osztva kaptuk a későbbi beérkezések menetidőgörbéit, ezeket kettős logaritmikus léptékben ábrázolva határoztuk meg a töréspontokat.

## 2. Dőlésmeghatározás

Az eddigiekből látható, hogy a medencét kitöltő üledékösszletben, a felső vékony rétegtől eltekintve, két nagyvastagságú, folytonos sebességnövekedéssel jellemzett réteg van. Szeizmikus szempontból az egész összletben csak az e két réteget elválasztó határnak van réteghatár jellege. Tudjuk, hogy a medence-üledékösszlet réteghatárainak kutatására elsősorban a reflexiós eljárás hivatott, de igen előnyös, ha egy medencealjazat kutató refrakciós mérés melléktermékeként a medence-üledékösszlet dőlésviszonyaira is kapunk adatokat. Hangsúlyoznunk kell, hogy ez a határfelület hagyományos refrakciós eljárással egyáltalában nem kutatható, hiszen nincsenek meg a fejhullámok kialakulásához szükséges feltételek. Ennek megfelelően nincs is olyan refrakciós észlelési rendszer, amely ennek a határnak a kutatására tervezhető, a bemerülő direkt hullámokat pedig közvetlenül nem használhatjuk fel a határfelület szerkesztésére.



9. ábra. Model nem refraktáló határfelület dőlésének meghatározásához

Фиг. 9. Модель для определения наклона непреломляющего горизонта.

Fig. 9. Model for constructing the dip of non refracting boundary



A határfelület szerkesztése tehát a következő: Vegyünk egy olyan modellt (9. sz. ábra), ahol a felső réteget állandó sebességűnek feltételezzük, az alsót pedig a mélységgel folytonosan növekvőnek. Modelünk jó közelítés arra az esetre is, ha a felső réteg sebessége is folytonosan növekszik, de jelen esetben így könnyebb a szerkesztés. A réteghatár dőlésszöge  $\alpha$ . A robbantópontból  $i_0$  szöggel kiinduló sugár a réteghatár normálisával  $(i_0 - \alpha)$  szöget zár be. Miután a második rétegben megtett út után, a réteghatáron megtörve, a felszínre ér, emergencia szöge már csak  $(i_0 - 2\alpha)$ . Ha ez a sugár a felszínről visszaverődve ismét behatol a második rétegbe, mélyebbre jut, és mire a felszínre ér,  $(i_0 - 4\alpha)$  emergencia szöge lesz. (Itt ellentétben vagyunk a hivatkozott kínai szerzőkkel.) Ha tehát olyan sugarat keresünk, amely a kétszeres hullámban azonos  $(i_0 - 2\alpha)$  emergenciaszögű, azaz azonos látszólagos sebességű az egyszeres hullámmal, annak robbantóponti kiindulási szöge  $(i_0 + 2\alpha)$  kell, hogy legyen. Az  $(i_0 + 2\alpha)$  szöggel induló sugár felszínre érkezési és visszaverődési szöge  $i_0$ , és a kétszeres hullám emergencia szöge  $(i_0 - 2\alpha)$ . Ha az  $\alpha$  szöget akarjuk meghatározni,  $i_0$  szöget kell ismernünk.

Az emergencia szöget az ismert

$$\varepsilon = \arcsin \frac{V_0}{V^*}$$

képlettel számíthatjuk, ahol  $V_0$  a legfelső réteg sebessége, és  $V^*$  a látszólagos sebesség. A kérdéses  $i_0$  érték meghatározásához  $x_0$  értékét ismernünk kell. Az  $x_0$ -ban észlelt látszólagos sebességgel számíthatjuk ki az  $i_0$  szöget. Ezt pontosan nem tudjuk meghatározni, de jó közelítésnek vehető, ha feltételezzük, hogy  $x_0 \approx x_2/2$ . A hiba nem lehet nagy, mert a dőlés növekedése egyrészt növeli, másrészt a fedőréteg vastagságcsökkenése révén csökkenti a hibát. Ellenkező dőlésnél csak az előjelek változnak.

A dőlismeghatározás menete tehát a következő: A kétszeres hullám töréspontjából indulunk ki, leolvassuk a töréspont utáni látszólagos sebességet ( $V_2^*$ ), majd a töréspont  $x$  értékét osztjuk 2-vel, ez lesz az  $x_0$ . Leolvassuk az egyszeres hullámon az  $x_0$ -hoz tartozó látszólagos sebességet ( $V_0^*$ ). Az egész szelvényre egységes  $V_0$  értéket használunk (a mi esetünkben  $V_0 = 1,5$  km/sec). Kiszámítjuk az emergencia szögeket és az emergencia szögek különbségének fele adja az  $\alpha$  dőlésszöget.

Mivel több határozott törésfelülettel nem számolhatunk, a mélyebbre hatoló hullámok látszólagos sebességeit is felhasználhatjuk ugyanazon törésfelület dőlésének meghatározására. Ezért meghatározott távolságokon leolvassuk  $x_2$ ,  $V_2^*$  értéket, az  $x_2/2$ -höz tartozó  $V_0^*$  értéket, és sorra kiszámítjuk a dőlésszögeket. A dőlésértékeket  $x_0$  helyekre vonatkoztatjuk. A magasabbrendű többszörösök esetén

$$x_0 = \frac{m-1}{m} x_m, \quad ,$$

ahol  $m$  a többszöröződés foka. Ezeket mindig az eggyel alacsonyabbrendű többszöröshöz hasonlítjuk.

### 3. Mélységszámítás

A töréspont által jelzett felület mélységének meghatározását Goguel (1951) módszere szerint végeztük. Mélységet csak azzal a feltételezéssel számíthatunk, hogy a folyamatosan növekvő sebességű összlet alatt állandó sebességű réteg van. Mi a második sebességgradienssel jellemzett réteg legfelső, legkisebb sebességét tekintettük állandónak, és ezzel az adattal számoltunk.

A számítás menete a következő:

a) Ki kell számítani a tengelymetszeti időt:

ahol  $x$  és  $t$  a töréspont koordinátái;

$$T_2 = t - \frac{x}{V_2}$$

$V_2$  pedig a sebesség a töréspont után  
(ez a tengelymetszeti idő természetesen fiktív érték).

b) Ha a sebességfüggvény  $V = A \cdot z^{1/n}$  alakú, a sugárút egyenletei:

$$x = \frac{n}{A^n q^n} \int_0^i \sin^n i \, di$$

$$t = \frac{n}{A^n p^{n-1}} \int_0^i \sin^{n-2} i \, di,$$

ahol  $n$  és  $A$  a sebességfüggvény konstansai;

$p$  a paraméter,  $\sin i/V = p$ ;

$i$  pedig az integrációs változó, vagyis a sugárút helyi érintőjének a függőlegessel bezárt szöge.

Legyen  $\xi = x/Z_{\max}$  és  $\tau = t/pZ_{\max}$ , mikor  $Z_{\max} = 1/A^n p^n$ .

Így

$$\xi = n \int_0^i \sin^n i \, di$$

$$\tau = n \int_0^i \sin^{n-2} i \, di.$$

Ki kell számítani  $\xi$  és  $\tau$  értékét.

Az a) pontban kiszámított  $T_2$  értékkel azután kapunk  $i$ -re egy

$$T_2 = \left( \frac{2V_2^{n-1}}{A^n} \right) [\tau(i) - \xi(i)]$$

alakú egyenletet. Ennek elmélete az idézett cikkben megtalálható. Az egyenlet megoldásából kapott  $i$  értékkel

$$h = \left( \frac{V_2}{A} \right)^n \sin^n i$$

mélységet számíthatjuk.

Az itt leírt módszer nem bonyolult, amíg  $n$  értéke nem nagyobb mint 3. A  $HoR-K-1$  szelvény esetében  $A = 2,4$ ,  $n = 6$ ,  $T_2 = 0,62$ . Így az  $i$ -re kapott egyenlet a következő volt:

$$f(i) = 8 \sin^5 i \cos i - 2 \sin^3 i \cos i - 3 \sin i \cos i + 3i - 3,017072.$$

Ennek az egyenletnek a megoldása csak közelítő módszerekkel lehetséges. A „regula falsi” módszert alkalmaztuk és ötödik közelítésre már elég pontos értéket nyertünk:

$$i = 58^\circ 58'.$$

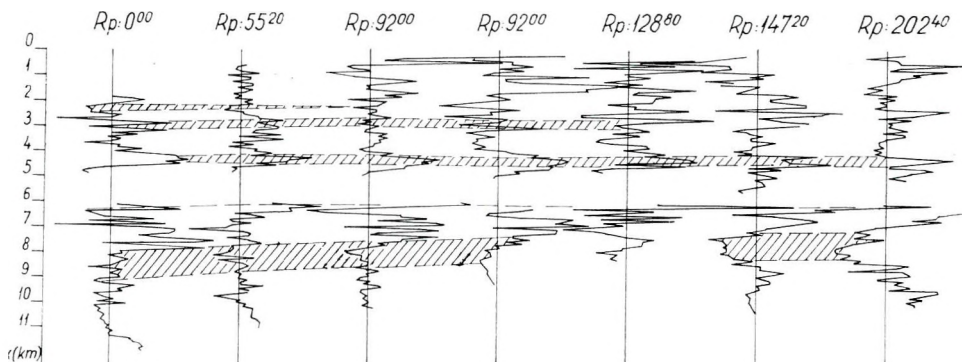
Ezzel az értékkel kiszámítva a mélységet, az eredmény

$$h = 0,895 \text{ km},$$

Ez jól egyezik a környező mélyfúrásokban megtalálható alsó- felső pannóniai emelet határával.

## VI. GYAKORLATI PÉLDÁK

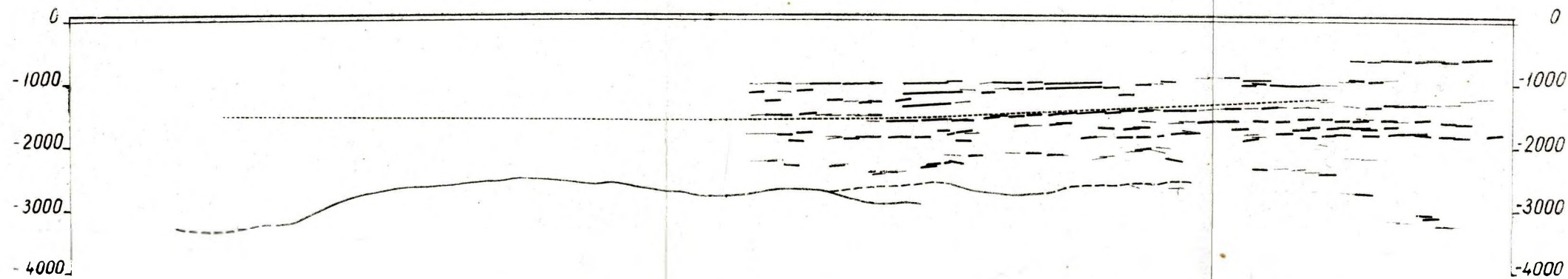
1963-ban a Kisújszállás és Törökszentmiklós között futó  $AMR-63/1$  medencealjzat kutató refrakciós szelvény feldolgozásánál már alkalmaztuk az előbbiekben leírt módszert. Ebből a mérési anyagból elsősorban az első beérkezések amplitudógörbéinek szelvényyszerű ábrázolását mutatjuk be (10. sz. ábra). Az ábrát a következőképpen készítettük: minden egyes robbantópont-



10. ábra. Az  $AMR-63/1$  refrakciós szelvény első beérkezéseinek amplitudógörbéi

Фиг. 10. Кривые амплитуд первых вступлений по профилю  $AMR-63/1$ , измеренному методом преломленных волн.

Fig. 10. The amplitude curves of first arrivals of profile  $AMR-63/1$



11. ábra. Egyesített reflexiós és refrakciós szelvény Kisújszállás-Törökszentmiklós között (AMR-63/1 és AM-63/3)

Fig. 11. Сводный профиль между с. Кишуйсаллаш и с. Тэрэксентмиклош (AMR-63/1 AM-63/3) измеренный методами отраженных и преломленных волн

Fig. 11. Combined reflection and refraction profile between Kisújszállás and Törökszentmiklós

ból elkészítettük az első szeizmogramra redukált amplitudógörbét. Ezekkel összehasonlítottuk az átlagos exponenciális görbét, és minden egyes észlelés helyén lemértük az eltérést az átlagtól. Ezeket az értékeket egy olyan függőleges egyenestől mérve ábráztuk, amely egyúttal az  $x$  tengelyt is jelenti. A tengelytől balra a negatív, jobbra a pozitív értékek találhatók.

A IV. 1. fejezetben leírtak szerint megkíséreltük az amplitudógörbék jellegzetes pozitív vagy negatív kiugrásainak korrelációját. A két görbeszakaszt azért választottuk külön, mert érzékeltetni akarjuk, hogy az üledékösszlet egy részéből nem kapunk beérkezéseket.

Úgy véljük, hogy a korreláció az egyes robbantópontok között nem rossz, és főleg nagy vonásokban letagadhatatlan. Ha a jellegzetes pontokat összekötjük, képet kapunk az üledékes szintek dőléséről. Tervbe vettük az amplitudógörbék összehasonlítását elektromos karottázsgörbékkel, de szelvényünk közvetlen közelében nem volt mélyfúrás, a nagyobb távolságra levő fúrásokat pedig nem érdemes figyelembe venni, hiszen azok egymással se nagyon korrelálhatók.

Az *AMR-63/1* szelvény egy szakaszán reflexiós mérés is volt. Ez a szelvény a Kisújszállás környéki szeizmikus módszerkutató reflexiós mérési hálózat egyik szelvénye. A mérést a Geofizikai Intézetben készült magnetofonos szeizmikus műszerrel végezték. A két mérés egyesített szelvényét a II. sz. ábrán mutatjuk be. A szelvényen a reflexiós felületelemek vastagsága minősítést jelent. A refrakciós mérés alapján szerkesztett medencealjzat folytonos, illetve az egyoldali menetidőgörbéből szerkesztett szakaszok szaggatott vastag vonallal vannak jelölve. Az üledékösszlet két, különböző sebességgradienssel jellemzett részét elválasztó határt rövid szaggatott vonallal jeleztük.

Mint láthatjuk, folyamatosan korrelálható reflexiókat csak az üledékösszletből kaptunk. A  $-1300$  és  $-1600$  m mélység között változó, majdnem az egész reflexiós szelvény mentén végighúzódnó jól korreláló, jó minőségű felületelemből álló szintet vezérszintnek tekinthetjük, mivel igen szépen egyezik a refrakciós szelvényből számított határral. Sajnos sem a reflexiós, sem a refrakciós szelvény nem halad át mélyfúráson, ezért csak közvetve tudjuk az egyes szinteket azonosítani földtani réteghatárokkal. Jelen pillanatban azonban a mérési hálózat kiértékelése még folyamatban van, sezt a közvetett azonosítást nem végezhetjük el. Ugyanez vonatkozik a medencealjzat értelmezésére is.

## VII. ÖSSZEFOGLALÁS

Kísérleti méréseink eredményeként bizonyítottunk látjuk azokat a feltevéseket, amelyeket a későbbi beérkezések keletkezéséről már a korábbi adatok alapján felállítottunk. Ennek nemcsak elméleti jelentősége van, hanem igen lényeges a medenceterületeken végzett refrakciós mérések tervezése és értelmezése szempontjából is. Komoly figyelmet érdemel továbbá az üledékösszletre meghatározható sebességfüggvény-változás és annak földtani értelmezése. Hiszen a felszín és a medencealjzat között levő több mint  $2000$  m vastagságú üledékösszletben az egyetlen lényeges fizikai változás ehhez a felülethez kapcsolódik, ezért úgy gondoljuk, feltétlenül kapcsolatba kell tudni hozni földtani, üledékképződési tényezőkkel.



Eddigi méréseink nem haladtak át mélyfúráson, így rétegazonosítást nem tudtunk végezni, de feltevéseink szerint az alsó és felső pannóniai emelet határával lesz azonosítható.

A későbbi beérkezések segítségével meghatározott dőlésadatok egy-egy hosszabb vonalszakaszra vonatkozó átlagértékek, így nem is várhatjuk, hogy a reflexiók felületelemek helyi dőlésével tökéletes összhangban legyenek, de közelítő képet adnak az üledékösszlet dőlésviszonyairól.

Ez annál is inkább figyelemre méltó, mivel egy alaphegység-kutató refrakciós mérés melléktermékeként, minden külön mérés nélkül, csupán az amúgyis észlelt, csak eddig elhanyagolt mérési adatok felhasználásával nyertük.

#### IRODALOM

- Ádám – Kilényi*: Közelítő sebességfüggvény meghatározása refrakciós menetidőgörbékéből. Acta Technica, Tom. 43, Fasc. 3–4. 1963.
- Berzon – Jepinatjeva*: O mnogokratnih prelomjonnih volnah. IAN. Szer. Geofiz. No. 4. 1952.
- Goguel*: Seismic refraction with variable velocity. Geophysics, Vol. XVI. No. 1. 1951.
- Kilényi – Trenka*: A refrakciós későbbi beérkezések kiértékelése. Magyar Geofizika IV. évf. 1–2. sz. 1963.
- Kőrössy*: A Tiszántúl É-i részén végzett kőolajkutatás földtani eredményei. Földtani Közlemények LXXXVI. köt. 4. füz. 1956.
- Stegena*: A korrelációs refrakciós szeizmika elvi kérdései. Magyar Geofizika II. évf. 3–4. sz. 1961.
- Tseng Jung-sheng et al.*: Refracted waves and multiple waves in Chaitamu basin by low-frequency seismic refraction method. Scientia Sinica Vol. XI. No. 1. 1962.

БАДОНИ ГЕЗА – ФАБИАН АНДРАШ – КОВАЧ БЕЛА  
ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СЕЙСМИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ С МАГНИТНОЙ ЗАПИСЬЮ. I.

Опираясь на практический опыт авторы дают обзор об основных принципиальных вопросах, связанных с проектированием современной сейсмической аппаратуры. Первая часть серии статей рассматривает вопрос о нелинейных искажениях, вызываемых автоматическим регулятором усиления и схемой модуляции частот, необходимой для фиксирования магнитных сигналов. Целесообразно принятая характеристика регулирования ( $U_{\text{вых}} f(U_{\text{вх}})$ ) и подобранная электронная схема определяют основные свойства регулятора. Анализируя процессы, протекающие в цепи, осуществляющей регулировку регулирующего устройства, можно выявить связь между коэффициентом искажения, диапазоном регулировки, свойствами элементов цепей и косвенно – между постоянными времени АРУ. В результате подобного анализа выясняется, какие условия должны выполняться в отношении определения элементов схемы частотного модулятора, чтобы иметь линейную связь между модулирующим напряжением и частотой модулятора.

THEORETICAL CONSIDERATIONS IN DESIGNING A SEISMIC EQUIPMENT OF TAPE-RECORDING SYSTEM

Part 1

G. BÁDONI – A. FÁBIÁN – B. KOVÁCS

The basic theoretical questions of the design of an up to date seismic equipment are discussed in a series of papers. The first paper presented deals with the non-linear distortions of the automatic gain control and of the FM circuits. A suitable control characteristics [ $U_{\text{ki(out)}} = f(I_{\text{bein}})$ ] and the selected electronic elaboration preforms the essential properties of the control-element. A connection exists between the distortion factor, the control-range, the circuit constants and – indirectly – the time constants of the AGC. For the FM device the requirement is that the modulating voltage and the frequency of the modulator must be in a linear relation.

MAGNETOFONOS REGISZTRÁLÁSÚ SZEIZMIKUS BERENDEZÉS TERVEZÉSÉNEK ELVI ALAPJAI I

BÁDONI GÉZA – FÁBIÁN ANDRÁS – KOVÁCS BÉLA

Bevezetés

Mielőtt a szeizmikus csatorna két eleme, az AGC és frekvenciamodulátor által okozott torzítások részletes tárgyalására rátérnénk, vizsgáljuk meg röviden a nemlineáris torzítások hatását a szeizmikus felvételekre. Nem közömbös ebből a szempontból, hogy a beérkező jeleknek az erősítő bemenettől a jelrögzítő elemig megtett „útja” során a frekvenciaszűrőhöz viszonyítva hol keletkeznek a torzítások. Tekintsük azt a gyakran előforduló esetet, mikor az erősítő

bemenetére egyidejűleg nagy intenzitású zavarjel (Groundroll) és lényegesen kisebb intenzitású, eltérő frekvenciájú hasznos jel kerül. Ha a szeizmikus csatorna szűrője előtt nemlineáris torzítások keletkeznek, akkor a zavarjel magasabb frekvenciájú összetevőikben megnövekedve jut a szűrő bemenetére, a szűrő kimenetén tehát a jel/zaj viszony romlik. Ez függ a jelek eredeti spektrumától, a szűrőkarakterisztikától és a torzítás mértékétől. A szűrőkészlet után kapcsolt *AGC* torzításai gyakorlatilag már nem befolyásolják az áthaladó szeizmikus jelsorozat frekvenciaspektrumát, ezért a lehetséges torzítások szempontjából kézenfekvő ezt az elrendezést alkalmazni. Előfordul azonban az is, hogy nagy intenzitású zavarjelet gyorsan követ kisebb intenzitású hasznos jel. Ha ez a jelcsoport még az *AGC* előtt egy eléggé hosszú sajátfolyamatú szűrőt „talál”, akkor az *AGC* a szűrő saját folyamatait szükségképpen kiegyenlíti és ezáltal a jel/zaj viszony lényegesen romlik. Ilyen esetben a szűrő elé kapcsolt *AGC* kedvezőbb feltételeket teremt a szűréshez ill. a jelek szétválasztásához (Szluckovszkij 1960). Szükséges lehet a felbontóképesség növelése akkor is, amikor egymáshoz közelfekvő réteghatárokról érkező hasznos jeleket tanulmányozunk. Ilyenkor a hasznos beérkezések magasabb frekvenciájú összetevőinek kimutatásával érhetjük el célunkat és ezért a jel/zaj viszony szempontjából fontos szerepet játszhatnak a nemlineáris torzítások. Különösen magnetofonos berendezések alkalmasak ilyen vizsgálatokra.

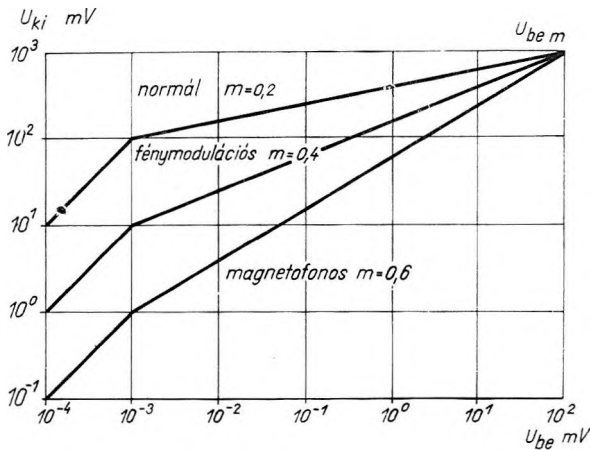
Az *FM* rendszerű magnetofonos berendezések frekvenciamodulátorának helyét általában a szűrőkészlet előtt jelölhetjük ki, mivel a felvételt a szalagra célszerű a beérkező jelek spektrumának számottevő módosítása nélkül készíteni. Egyértelműen következik ebből, hogy a modulátor torzításai döntően befolyásolhatják a szeizmikus regisztrátumot.

## I. Az *AGC* rendszer nemlineáris torzításai

Az *AGC* minden szeizmikus berendezésben megtalálható, mivel a beérkező 100–120 dB dinamikájú szeizmikus jelsorozat dinamikakompresszió nélkül nem regisztrálható. Az 1. ábra szeizmikus berendezések szabályozási karakterisztikáit mutatja be. Az ábrából látható, hogy a normál regisztrálású berendezések dinamikakompressziója a legnagyobb, mert az amplitudó viszonyokat a szokásos szeizmikus regisztrátumokon legfeljebb 20 dB-ig lehet kiolvasni. Lényegesen kedvezőbb a helyzet a filmre rögzített fénymodulációs regisztrátumnál, minthogy a fényérzékeny réteg 40 dB dinamikát is átfog. A legkisebb dinamikakompresszió a magnetofonos regisztrálású szeizmikus berendezésekhez szükséges, mivel a magnetofonszalag 60 dB dinamika feldolgozására is képes. Magnetofonos jelerősítésnél *AGC* helyett általában a programszabályozás alkalmazása terjedt el. Lejátszásnál azonban itt is szükség van az *AGC* alkalmazására.

Vizsgáljuk meg, hogy milyen áramkör alkalmas az 1. ábra szabályozási karakterisztikáinak előállítására és milyen feltételek mellett? Az áramkör vonatkozásában több lehetőség van, ezek azonban két csoportba oszthatók. Az első csoportba tartozó áramköröknél a dinamikakompresszió egy vagy két erősítő elem erősítésének változtatásával hozható létre. Ide tartoznak pl. az elektroncsöves szuppresszorok, vagy vezérlőrácsú szabályozók. A második ma

már elterjedten alkalmazott csoportban passzív nemlineáris elem hurok-visz-szacsatolás segítségével hoz létre dinamikakompressziót. Itt csak az utóbbival foglalkozunk.



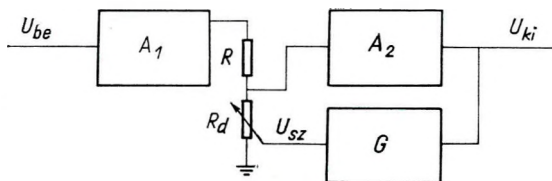
1. ábra.

Az alkalmazott jelölések a következők:

$A$	erősítés
$m$	a szabályozási karakterisztika meredeksége
$R$	a szabályozó kör soros ellenállása
$R_d$	a szabályozó elem ellenállása
$U_{be}$	bemenőfeszültség
$U_{be0}$	küszöbfeszültség, melytől a szabályozó működik
$U_{be_m}$	küszöbfeszültség, ameddig a szabályozó működik
$U_{ki}$	kimenőfeszültség
$U_{ki0}$	$U_{be0}$ -hoz tartozó kimenőfeszültség
$U_{sz}$	a szabályozó elemet működtető szabályozófeszültség
$U_e$	a szabályozófeszültség egyenáramú komponense
$U_v$	a szabályozófeszültség váltóáramú komponense
$u_{be}$	a bemenőfeszültség amplitudója
$u_v$	a szabályozófeszültség váltóáramú komponensének amplitudója
$\beta$	arányossági tényező
$\gamma$	hurok-erősítés
$\chi$	torzítási tényező
$\Phi$	$U_{be}$ és $U_v$ közötti fáziseltolás
$\omega$	$U_{be}$ körfrekvenciája



Egyetlen passzív áramköri elemet tartalmazó szabályozó általános felépítése a 2. ábrán látható.  $A_1$  a szabályozó előtti,  $A_2$  pedig a szabályozó utáni összes erősítés. A szabályozás az  $R - R_d$  ellenálláslánc mint leosztó segítségével történik.  $R$  értéke állandó,  $R_d$  a nemlineáris elem ellenállása pedig az  $U_{ki}$  feszültség segítségével a  $G$  egységen át változtatható. Feladatunk annak meghatározása, hogy az 1. ábra szerinti szabályozási karakterisztika a 2. ábra szerinti kapcsolással megvalósítható-e, ill. mi a megvalósítás feltétele? E célból írjuk fel az 1. ábra szerinti görbék  $[U_{be_0} U_{be_m}]$  intervallumba eső szabályozott szakaszának és a 2. ábrán látható kapcsolásnak az egyenleteit.



2. ábra.

$$\text{Log } U_{ki} = m \text{Log } U_{be} + (\text{Log } U_{ki_0} - m \text{Log } U_{be_0}) \quad (1)$$

$$U_{ki} = A U_{be} \frac{R_d}{R + R_d} \quad (2)$$

$$\text{ahol } A = A_1 \cdot A_2 \text{ és } R_d = f(U_{ki})$$

Az (1) egyenlet hatványalakban felírva

$$U_{ki} = \frac{U_{be}^m \cdot U_{ki_0}}{U_{be_0}^m} \quad (3)$$

$U_{be}$  értékét a (2)-ből kifejezve és a (3)-ba helyettesítve, majd az egyenletből

$$\frac{R_d}{R + R_d} \text{ értékét kifejezve}$$

$$\text{az } \frac{R_d}{R + R_d} = \sqrt[m]{U_{ki}^{m-1}} \cdot \frac{\sqrt{U_{ki_0}}}{A U_{be_0}} \quad (4)$$

egyenletet kapjuk.

A (4) logaritmikus alakban:

$$\text{Log } \frac{R_d}{R + R_d} = \frac{m-1}{m} \cdot \text{Log } U_{ki} + \text{Log } K, \quad (5)$$

ahol

$$\text{Log } K = \frac{\text{Log } U_{ki_0}}{m} - (\text{Log } A + \text{Log } U_{be_0}) \quad (6)$$

A 2. ábra szerinti kapcsolással tehát megvalósítható az 1. ábra szerint előírt szabályozás, ha a

$$\text{Log} \frac{R_d}{R + R_d} \quad (7)$$

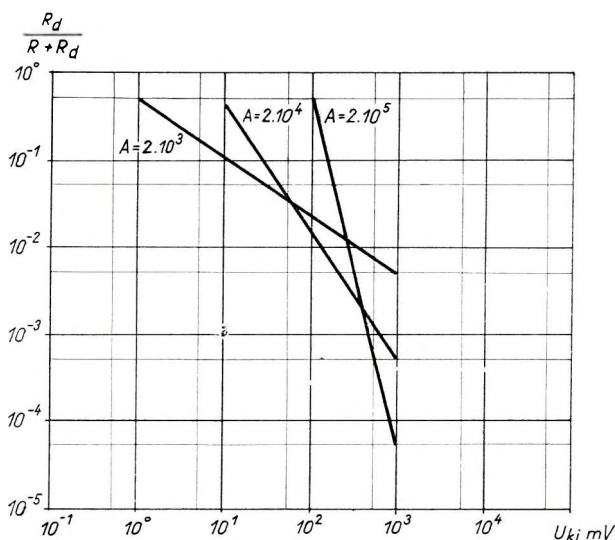
függvény az (5)-nek megfelel. A

$\text{Log} \frac{R_d}{R + R_d}$  függvény a K konstansban szereplő A erősítés

$$A_{\text{norm.}} = 2 \cdot 10^5$$

$$A_{\text{fénymod.}} = 2 \cdot 10^4$$

$$A_{\text{magn.}} = 2 \cdot 10^3 \text{ értékei mellett a 3. ábrán látható.}$$



3. ábra.

Ilyen váltóáramú ellenállás-feszültség összefüggést mutatnak a szilícium rétegdiódák, a termionikus diódák, a germánium rétegdiódák és a fotóellenállások karakterisztikájuk egy szakaszán (4. ábra). Ezek a szabályozó elemek tehát AGC-ben alkalmazhatók.

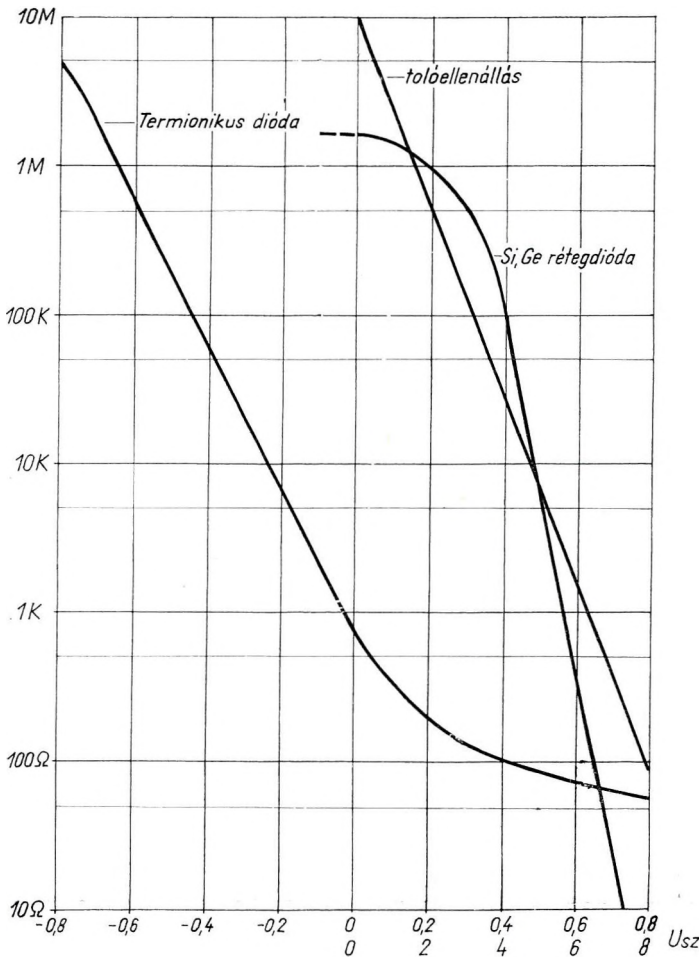
A 2. ábrán látható  $G$  egység feladata az, hogy a felhasznált szabályozó elemet  $U_{ki}$  erősítésével ill. előfeszítéssel a karakterisztika logaritmikus szakaszára állítsa be. A  $G$  egység ezenkívül kétoldalasan egyenirányítja és szűri az  $U_{ki}$  feszültséget, mivel csak megfelelően kis időállandónál érhető el, hogy a teljes  $-0,1 \mu V$ -tól  $100 \text{ mV}$ -ig terjedő — szeizmikus jelsorozat dinamikakompressziója mellett a lokális dinamika viszonyok — amelyek a reflexiók kiemelése

szempontjából fontosak — ne mosódjanak el. Ezért a  $G$  egység kimenetén az  $U_{ki}$  feszültség helyett az amplitudójával arányos  $U_{sz}$  szabályozófeszültség jelenik meg.

$$U_{sz} = \frac{1}{\bar{\rho}} \cdot U_{ki} \quad (8)$$

A kis időállandó azonban az egyenirányítást követő szűrés elégtelenségét is okozza, ezért  $U_{sz}$  az egyenfeszültség mellett váltóáramú összetevőt is tartalmaz, amelyek egyaránt a szabályozó elemre jutnak.

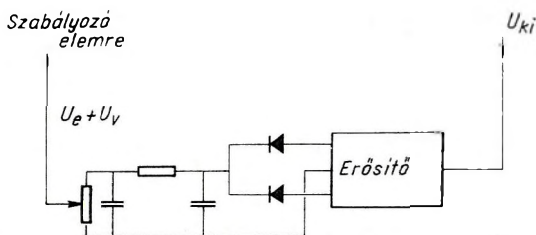
$$U_{sz} = (U_e + U_v) \quad (9)$$



4. ábra.

Azonban az  $U_v$  váltóáramú komponensből származó szabályozás  $U_{ki}$ -t eltorzítja. A torzítás miatt fellépő felharmonikusok frekvenciája azonban a kétoldalas egyenirányítás miatt  $U_v$  frekvenciájánál nagyobb (háromszorosa) így a  $G$  egység kimenetén az egyenirányítást követő szűrés miatt amplitudójuk  $U_v$ -hez képest elhanyagolható.

Vizsgáljuk meg, hogy milyen torzítást okoz ez a váltóáramú összetevő, ha a  $G$  egységben az 5. ábra szerinti kétutas egyenirányítót alkalmazunk.



5. ábra.

A (8) és (9)-ből  $U_{ki}$ -t kifejezve és az (5)-be helyettesítve a

$$\text{Log} \frac{R_d}{R + R_d} = \frac{m-1}{m} [\text{Log} \beta + \text{Log} (U_e + U_v)] + \text{Log} K \quad (10)$$

kifejezést kapjuk.

A (2)-et logaritmikus alakban felírva és (10)-et behelyettesítve kapjuk, hogy

$$\text{Log} U_{ki} = \text{Log} AU_{be} + \frac{m-1}{m} [\text{Log} \beta + \text{Log} (U_e + U_v)] + \text{Log} K.$$

Ebből

$$U_{ki} = AU_{be} K \beta^n (U_e + U_v)^n, \quad (11)$$

ahol

$$n = \frac{m-1}{m}$$

$(U_e + U_v)^n$  kifejezés azonban binomiális sorba fejthető, tehát

$$(U_e + U_v)^n = U_e^n + n U_v U_e^{n-1} + \frac{n(n-1)}{2!} U_v^2 U_e^{n-2} + \dots \quad (12)$$

írható. A (12) sor helyett az

$$(U_e + U_v)^n \approx U_e^n + U_v U_e^{n-1} \quad (13)$$



közelítés is felírható, mivel esetünkben a (12) monoton csökkenő sorának harmadik és második tagjából képzett hányados

$$\left| -\frac{1}{m} \frac{U_v}{2U_e} \right| \ll 1, \quad (14)$$

vagyis a sor harmadik tagja elhanyagolható a második taghoz képest. A (14) egyenlőtlenség szeizmikus műszereknél fennáll, mert már  $m = 0,15$  -is 20 dB/132 dB-es szabályozást jelent,  $U_v/U_e$  pedig a szükséges legkisebb időállandó mellett sem nagyobb 0,05-nél. Ha ugyanis kétoldalas egyenirányítást alkalmazunk és az egyenirányítót követő „C” kondenzátort egyszerű aluláteresztő szűrőnek tekintjük, az

$$U_v = \frac{2}{3 R_s C 2\omega} \text{ összefüggés írható föl, melyből}$$

$$R_s S = \tau = \frac{2}{3 U_v 2\omega}. \text{ Ahol } R_s \text{ az egyenirányító soros ellenállása, a } 2/3 \text{ pedig a}$$

$2\omega$  frekvenciájú váltóáramú összetevő amplitúdója, ha  $U_e = 1$  (Fourier-sor második tagja).  $U_v = 0,05$   $\omega = 125,6$  (20 Hz) értékeket behelyettesítve  $\tau = 53$  msec adódik.  $C$  azonban nemcsak szűrő, hanem puffer kondenzátor is, azonkívül legalább két szűrőfokozat alkalmazása szokásos. Ezért az  $U_v/U_e = 0,05$  érték  $\tau = 15-20$  msec mellett mindenképpen elérhető. E szélső esetben

$$\left| -\frac{1}{m} \cdot \frac{U_v}{2U_e} \right| = 0,166$$

A gyakorlatban azonban rendszerint nem több  $3-4 \cdot 10^{-2}$ -nél, tehát az elhanyagolás jogos. A (13) most már behelyettesíthető (11)-be. Így

$$U_{ki} = AU_{be} K \beta^n (U_e^n + n U_v U_e^{n-1}).$$

Legyen  $U_{be} = u_{be} \sin \omega t$  és – a kétoldalas egyenirányítás miatt –

$$U_v = u_v \cos (2\omega t + \varphi) \text{ ezért}$$

$$U_{ki} = [F + H \cos (2\omega t + \varphi)] \sin \omega t, \quad (15)$$

ahol

$$F = AK \beta^n U_e^n u_{be} \quad \text{és}$$

$$H = AK \beta^n n U_e^{n-1} u_{be} u_v$$

(15) egy amplitúdómodulált sinusrezgés egyenlete, amely a vivőhullám és az oldalsávok összegére bontható.

$$U_{ki} = F \sin \omega t - \frac{Fp}{2} \sin (\omega t + \varphi) + \frac{Fp}{2} \sin (3\omega t + \varphi),$$

$$\text{ahol } p = \frac{H}{F} = \frac{m-1}{m} \cdot \frac{u_v}{U_e}. \quad (16)$$

Az első két tag trigonometrikus átalakítással

$$F \sin \omega t - \frac{Fp}{2} \sin(\omega t + \varphi) = F \sqrt{1 + \frac{p^2 - 4p \cos \varphi}{4}} \sin(\omega t - \varphi^*)$$

alakra hozható, így

$$U_{ki} = F \sqrt{1 + \frac{p^2 - 4p \cos \varphi}{4}} \sin(\omega t - \varphi^*) + \frac{Fp}{2} \sin(3\omega t - \varphi^*), \quad (17)$$

$$\text{ahol } \varphi^* = \arctg \frac{p \sin \varphi}{2 - p \cos \varphi}$$

A torzítás %-os értéke megadható közelítően, mert a (17)-ből a gyökjel alatt szereplő

$\frac{p^2 - 4p \cos \varphi}{4}$  kifejezés a (14) bizonyításánál alkalmazott megfontolás szerint elhanyagolható. Az alaphullám amplitudója ezért megközelítően  $F$ , a felharmonikusé pedig  $Fp/2$ . A torzítás tehát

$$\chi = \sqrt{\frac{a_1^2 + a_2^2 + \dots}{a_0^2 + a_1^2 + a_2^2 + \dots}} \approx \sqrt{\frac{p^2}{4 + p^2}}$$

ahol  $a_0$  az alaphullám,  $a_1, a_2, \dots$  pedig a keletkezett felharmonikusok amplitudója. Behelyettesítéssel az is bizonyítható, hogy  $p^2 \ll 4$ , tehát

$$\chi \approx \pm \frac{p}{2} = -\frac{m-1}{2m} \cdot \frac{u_v}{U_e} \quad (18)$$

(fizikailag csak a negatív előjel értelmezhető)

Végül vizsgáljuk meg a (17)-ben szereplő harmadik harmonikus  $Fp/2$  amplitudóját.

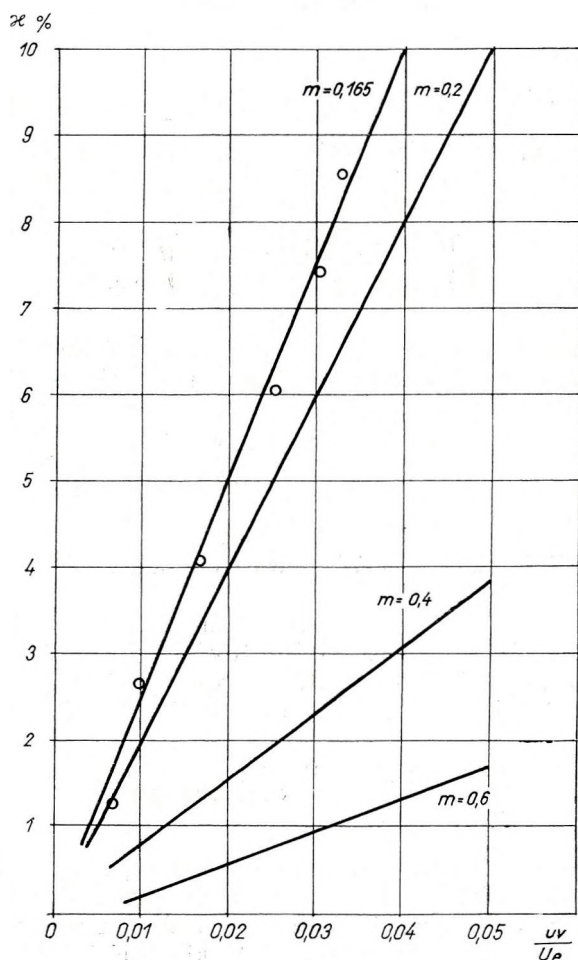
$F$  és  $p$  értékét behelyettesítve és figyelembe véve a (8), (13), (12), (6), (4), (2)-öt valamint az  $U_v \ll mU_e$  közelítést, továbbá bevezetve a  $\beta = \gamma \sin \omega t$  jelölést (ahol  $\gamma$  a  $G$  egységet meghajtó  $U_{ki}$  váltófeszültség csúcsértékének és  $U_{sz}$  szabályozófeszültségnek a hányadosa, vagyis az AGC hurokerősítése) az

$$\frac{Fp}{2} = \frac{\gamma u_v (m-1)}{2m} \text{ kifejezést kapjuk.} \quad (19)$$

Összefoglalva az eredményeket, megállapítható, hogy az 1. ábra szerinti logaritmikus szabályozási karakterisztika csak a szabályozási tartományon belül logaritmikus karakterisztikájú szabályozó elemmel valósítható meg. Ha az 1. ábrát az AGC tervezésénél adott kiindulási feltételnek tekintjük, szükségszerűen a megfelelő szabályozó elem kiválasztása lesz a tervezés alapja.

A (17) szerint állandó amplitudójú sinusos  $U_{bc}$  feszültség mellett a kimeneten az alaphullámon kívül a (19)-ben megadott amplitudóval a harmadik harmonikus is fellép. A felharmonikus amplitudója és a torzítás  $u_v$ -vel egyenesen arányos, mely alacsony frekvenciákon a legnagyobb. De az alacsony frekvenciás felületi hullámok harmadik harmonikusa még a reflexiók frekvenciájával is megegyezhet, ezért a szeizmikus jel/zaj viszonyt jelentősen csökkentheti.

A torzítás azonban  $m$  növelésével csökken. Célszerű ezért az alkalmazott regisztrálási módhoz illeszkedő legnagyobb  $m$  érték megválasztása. Az  $U_v$ -t a frekvencián kívül az  $AGC$  időállandója határozza meg (lényegében a „simító”  $RC$  szűrő határfrekvenciája) (Barta I. 1956). Az időállandó növelése  $U_v$  csökkenését eredményezi, de ugyanakkor az  $AGC$  felbontóképessége csökken (Bádonyi-Kovács 1964).



6. ábra.

Célszerű ezért többféle időállandójú  $AGC$ -t alkalmazni, mert így a szükséges felbontóképesség optimálisan figyelembe vehető. Lényegesen csökkenthető  $u_v$  az  $AGC$  elé kapcsolható alulvágó (Ground-roll) szűrővel. Magnetoszeizmogramok analizisénél ezek a megoldások nem jelentenek nehézséget, mert a robbantások megismétlésére nincs szükség.

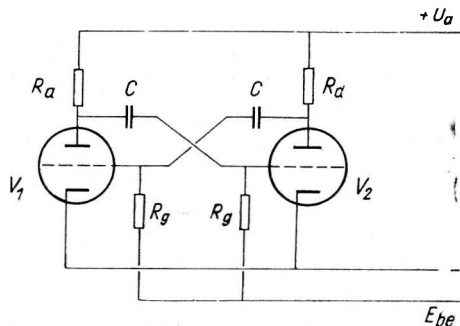
A (18) alapján az 1. ábrán feltüntetett  $m$  értékekhez az  $AGC$  torzítását a 6. ábra tünteti föl. Az  $m = 0,165$  értékhez tartozó egyenes a Geofizikai Intézetben kifejlesztett magnetofonos regisztrálású műszer lejátszó egységébe épített  $AGC$ -re jellemző. Itt az  $u_v/U_e$  viszony és a torzítás értéke 20 Hz frekvenciára vonatkozik. A berajzolt pontok mérési eredmények.  $u_v/U_e = 0,03$ -hoz kb. 15 msec, 0,016-hoz 25 msec, 0,011-hez 40 msec időállandó tartozik.

## II. A frekvenciamodulátor nemlineáris torzításai

Normál vagy fénymodulációs regisztrálású szeizmikus berendezésekben a torzítást – kistorzítású erősítőt feltételezve – alapvetően az  $AGC$  határozza meg. Frekvenciamodulációs magnetofonos felvevő berendezések  $AGC$  torzítása – ha a felvevő egységben  $AGC$  egyáltalában van – a legkisebb. Ezért, ebben az esetben indokolt a szeizmikus felvevőcsatorna egyéb egységei által okozott torzítások vizsgálata is. A frekvenciamodulátor speciális műszeregység, amely szeizmikus viszonylatban csak frekvenciamodulációs magnetofonos berendezésekben kerül alkalmazásra. Többféle modulációs eljárás ismeretes. Jelenleg azonban csak a M. Áll. Eötvös Loránd Geofizikai Intézetben kidolgozott magnetofonos szeizmikus berendezésben alkalmazott frekvenciamodulátort ismertetjük.

A 7. ábrán látható modulátor-kapcsolás tulajdonképpen astabil multivibrátor, amelynek frekvenciája az  $E_{be}$  külső jellel (a moduláló jellel) vezérelhető. Mivel a modulálást a szeizmikus jel végzi, ennek torzítatlan átvitele, – azaz a lineáris kapcsolat a moduláló feszültség és a modulátor frekvenciája között – alapvető követelmény.

Vizsgáljuk meg tehát, milyen paraméterek határozzák meg a multivibrátor frekvenciáját és ezek a paraméterek hogyan befolyásolják a frekvencia-karakterisztika linearitását.



7. ábra.

A 7. ábrán látható multivibrátor frekvenciáját a

$$\nu = \frac{1}{2 T_0} = \frac{1}{2C (R_a R_a + R_g) \ln \frac{R_g}{R_a + R_g} \cdot \frac{E_{be} - E_o}{E_{be} - E_z}} \quad (20)$$

egyenlet határozza meg, ahol (Szabó 1958)

$E_{be}$	a moduláló feszültség
$-E_o$	a leugrási feszültség
$E_z$	a vezérlőrács zárófeszültsége
$C$	az időzítő kondenzátor kapacitása
$R_a$	anód-munkaellenállás
$R_g$	rácslevezető ellenállás
$T_0$	periódus idő
$\nu$	frekvencia

Kérdés, milyen feltételek mellett arányos a frekvencia  $E_{be}$ -vel. Arányosság-nál

$$\frac{d^2 \nu}{dE_{be}^2} = 0$$

A (20)-at kétszer differenciálva és 0-val egyenlővé téve a

$$\ln B \frac{E_{be} - E_o}{E_{be} - E_z} [(E_{be} - E_o) + (E_{be} - E_z)] = -2 [(E_{be} - E_z) - (E_{be} - E_o)] \quad (21)$$

összefüggést kapjuk, ahol

$$B = \frac{R_g}{R_a + R_g}$$

De  $\ln B \frac{E_{be} - E_o}{E_{be} - E_z}$  hatványsorba fejthető. Bevezetve az

$$x = \frac{E_{be} - E_o}{E_{be} - E_z} \text{ jelölést}$$

$$\begin{aligned} \ln B + \ln x &= \frac{2(x-1)}{x+1} + \frac{2(x-1)^3}{3(x+1)^3} + \dots + \frac{2(x-1)^{2n+1}}{(2n+1)(x+1)^{2n+1}} + \\ &+ \frac{2(B-1)}{B+1} + \frac{2(B-1)^3}{3(B+1)^3} + \dots + \frac{2(B-1)^{2n+1}}{(2n+1)(B+1)^{2n+1}}. \end{aligned}$$

És minthogy a gyakorlatban  $|E_o| > |E_z|$  ezért  $x > 1$  és  $0 < B < 1$  mind az  $x$ -es, mind pedig a  $B$ -s tagok monoton csökkenő sort alkotnak. Tehát az

$$\left| \frac{2(x-1)}{x+1} \right| \gg \left| \frac{2(x-1)^3}{3(x+1)^3} \right| \text{ és } \left| \frac{2(x-1)}{x+1} \right| \gg \left| \frac{2(B-1)}{B+1} \right| \quad (22)$$



egyenlőtlenségek esetében

$$\ln B \frac{E_{be} - E_o}{E_{be} - E_z} \approx \frac{2(x-1)}{x+1} = \frac{2(E_z - E_o)}{2E_{be} - E_o - E_z} \quad (23)$$

írható le.

A (23)-at a (21)-be helyettesítve az utóbbi igazolható. Vagyis a lineáris  $\nu = f(E_{be})$  frekvenciafüggvény feltétele a (22) egyenlőtlenségek fennállása. A (23)-at (20)-ba helyettesítve a

$$\nu \approx \frac{E_{be}}{2C(R_a + R_g)(E_z - E_o)} - \frac{E_z + E_o}{4C(R_a + R_g)(E_z - E_o)} \quad (24)$$

valóban lineáris egyenletet kapjuk.

Vizsgáljuk meg, hogy milyen feltételek mellett teljesülnek a (22) egyenlőtlenségek? A (22)-t hányados alakban felírva és egyszerűsítve, a

$$\frac{1(x-1)^2}{3(x+1)^2} \ll 1 \quad (25)$$

$$\text{és a } \left| \frac{(B-1)(x+1)}{(x-1)(B+1)} \right| \ll 1 \quad (26)$$

egyenlőtlenségeket kapjuk. De a (25) csak  $x \sim 1$  (nagyságrendűleg közel) mellett lehetséges.

Figyelembe véve az előbbi feltételt, a (26) egyenlőtlenség csak  $B \approx 1$  esetén teljesül. Behelyettesítve  $x$  ill.  $B$  értékét, az

$$\frac{E_{be} - E_o}{E_{be} - E_z} \approx 1 \quad \text{és} \quad \frac{R_g}{R_a + R_g} \approx 1$$

egyenletet kapjuk, amelyből

$$E_z \sim E_o \text{ nagyságrendben és } R_g \gg R_a \text{ feltételek nyerhetők.} \quad (27)$$

A moduláló szeizmikus jel torzítatlan átvitelének feltétele tehát az, hogy az  $E_z$  zárófeszültség az  $E_o$  leugrási feszültséget megközelítse és az  $R_g$  rácslevezető ellenállás az  $R_a$  anód munkaellenállásnál jóval nagyobb legyen. Ezek a feltételek előnyösek, mert modulátor érzékenysége a (24) differenciálhányadosa

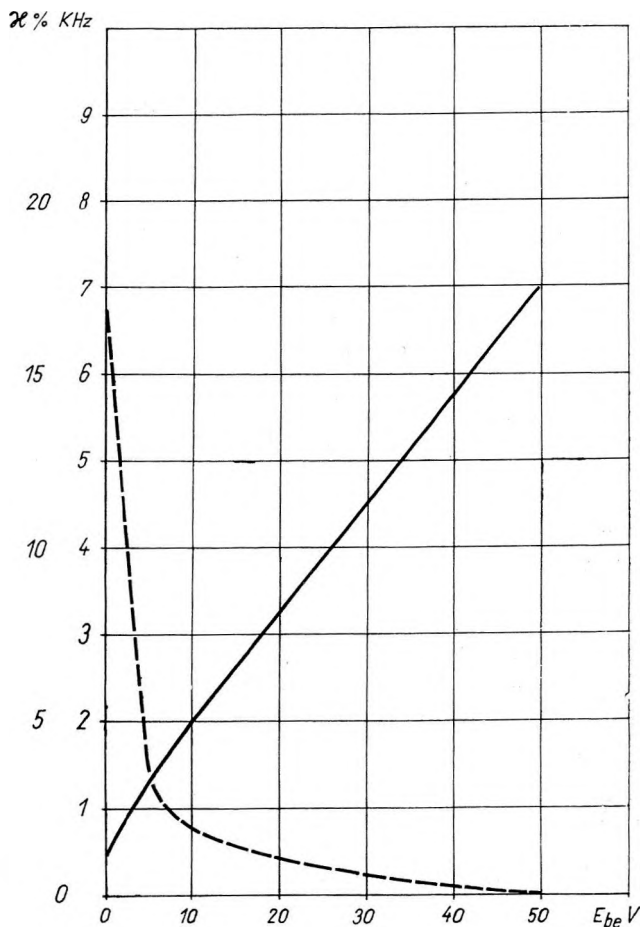
$$\frac{d\nu}{dE_{be}} = \frac{1}{2C(R_a + R_g)(E_z - E_o)}, \quad (28)$$

melynek értéke  $E_z \approx E_o$  és  $R_g \gg R_a$  ( $R_g = \text{konst.}$ ) feltételek mellett növekszik.

A nonlinearitás (az egyenestől való eltérés) vagyis a (20) és (24) egyenletek hányadosa

$$\frac{\nu_{\text{nonlin}}}{\nu_{\text{lin}}} = \frac{2(E_z - E_o)}{2,3(2E_{be} - E_z - E_o) \text{Log} \frac{R_g}{R_a + R_g} \frac{E_{be} - E_o}{E_{ae} + E_z}} \quad (29)$$

Vizsgáljuk meg végül, hogy a (27) feltételek a gyakorlatban hogyan teljesíthetők?  $E_z - E_0$  tetszőlegesen nem csökkenthető, de (25) már  $E_0 = 5E_z$  és  $E_{be} = 0$  esetében is csak 0.148. A (26) feltétel sem okoz nehézséget, mert nagy meredekségű csöveknél  $R_g = 200 R_a$ -nak is választható.



8. ábra.

A 8. ábrán az

- $E_{be} = 0 - 50$  Volt
- $E_z = -2$  Volt
- $E_0 = -10$  Volt
- $R_g = 1$  MOhm
- $R_a = 5$  KOhm
- $C = 500$  pF

feltételek mellett egy multivibrátor frekvenciája és %-os nonlinearitása (szaggatott görbe) látható. A feltételek (25)-t és (26)-t is kielégítik, mert (25)-re 0,148, (26)-ra 0,035 adódik. Az ábrából kitűnik, hogy a nonlinearitás  $E_{be}$ -vel csökken. Célszerű ezért az  $E_{be}$  váltófeszültséget akkora egyenfeszültségre superponálni, hogy a két feszültség összege (jelen esetben 10 V.) ne okozzon jelentős nonlinearitást.

#### IRODALOM

1. *Barta István*: Rádiókészülékek és erősítők 437–450 o. Tankönyvkiadó Budapest, 1956.
2. *Bádonyi Géza* – *Kovács Béla*: Mágneses jelrögzítés alkalmazása a szeizmikus kutatásban. Magyar Geofizika 1–2. sz. Budapest, 1964.
3. *Dr. Szabó Nándor*: Impulzustechnika 217–233. o. Akadémiai Kiadó Budapest, 1958.
4. *A. I. Szluckovszkij*: О nyекоторѹх вопросзх эффективносзтыи часзтној сзелекци и развеса-жусцеј сзпосзбносзтыи сзеизмичесесзких усзilityей. Прикладнај геοфизика. вѹп. 24. 3–25 o. Leningrad, 1960.



ЛИСТ ФЕРЕНЦ

РАДИОАКТИВНЫЙ СКВАЖИННЫЙ СНАРЯД ТИПА GEO – P14 ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ  
ДВУХ ПАРАМЕТРОВ, РАЗРАБОТАННЫЙ ДЛЯ РАБОТЫ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОЙ  
ТЕМПЕРАТУРЫ

В работе описываются принцип работы и конструкция транзисторных электронных схем, встроенных в зонде. Подробно рассматриваются вопросы об усилении импульсов и о создании высокого напряжения. В связи с этим приводятся принципиальные выводы и графики измерений. Обсуждается возможность применения имеющихся в зонде кремниевых транзисторов при температурах  $+120^{\circ}\text{C}$  ( $+150^{\circ}\text{C}$ ).

TWO – PARAMETRIC RADIOACTIVE GAMMA – SOUNDING  
EQUIPMENT FOR HIGH TEMPERATURE

F. LISZT

The design and operation of the transistorized electronic circuits of the equipment are discussed. A detailed study of impulse – gain and of generating high – voltage is given, including the theoretical considerations (calculations) and diagrams of actual measurements. A special attention is paid to the applicability of silicium – transistors at  $+120^{\circ}\text{C}$  ( $+150^{\circ}\text{C}$ ) temperature.

MAGAS HŐMÉRSÉKLETRE KIDOLGOZOTT KÉTPARAMÉTERES  
RADIOAKTÍV GAMMA-SZONDA (GEO-R 14)

LISZT FERENC

Egy 2000 m mély fúrás teljes szelvényének mérési ideje közepes sebességgel számítva 8 – 10 óra. A radioaktív szelvényezés sebessége nagyobb impulzusszám-hozammal fokozható. Ezen az úton is értünk el haladást, egy szcintillációs szonda kidolgozásával. A sebesség megduplázását azonban az egyszerre két paramétert regisztráló szonda igényelte.

A GEO-R 14 radioaktív lyukszelvényező berendezés két fő részből áll:

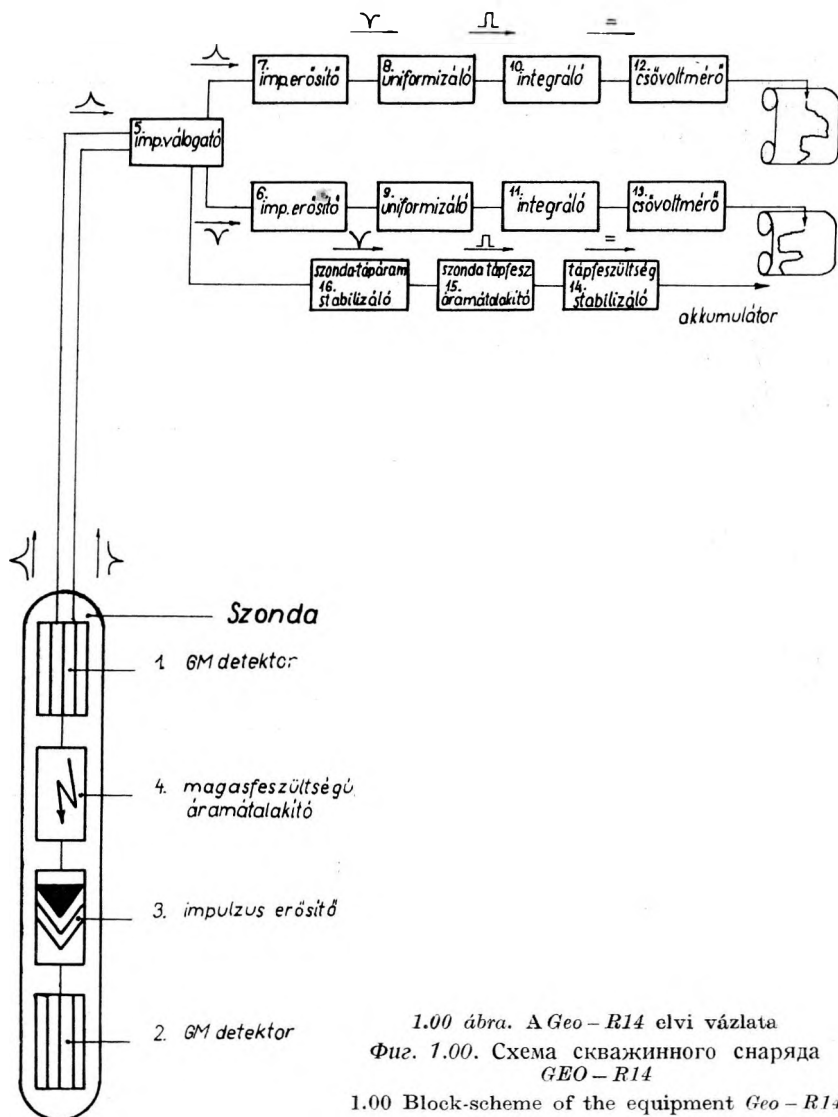
1. a felszíni szintmérő és vezérlő berendezés
2. a szonda

Az egész berendezést egy 12 V-os akkumulátor látja el árammal. Minthogy az akkumulátor feszültsége a töltéstől a kisütés befejezéséig a névértéktől  $+10$  és  $-15\%$  között változtatja értékét (és ez befolyásolja az elektronikus körök működését), a belépő akkumulátor feszültséget elektronikusan stabilizáltuk. A stabilizálás után kilépő feszültséget a tranzistoros áramköröknek megfelelően 7 V-ban szabtuk meg. Erre a 7 V-ra épül fel az egész berendezés tápláló rendszere, beleértve a szonda által felhasznált áramot is. Hogy a lyukkábelben az egyenáramú teljesítményvesztés viszonylag csekély maradjon.



a stabilizált feszültséget 60 V-ra növeltük; ismét stabilizáltuk és olyan kiegészítő áramkörökön is keresztülvezettük, amelyekkel a szonda áramát is stabilizáltuk. A szonda feszültség és szondaáram stabilizálásával elértük, hogy a közbeiktatott kábelek várható variálása következtében beálló ohmos változás a szonda üzemet nem befolyásolja.

A szondába épített két egymástól függetlenül detektáló Geiger-Müller csőcsoport (1,00 ábra 1.2) a rajtuk áthaladó gamma foton hatására feszültségimpulzust ad. A szonda alsó részében található *G. M.* csőcsoport a katódjába



1.00 ábra. A Geo-R14 elvi vázlata  
 Фиг. 1.00. Схема скважинного прибора  
 GEO-R14  
 1.00 Block-scheme of the equipment Geo-R14

kapcsolt ellenálláson keresztül pozitív, a szonda felső részében elhelyezett *G. M.* csőcsoport az anódjába kapcsolt ellenálláson keresztül negatív impulzust küld az erősítő bemenetére. Az erősítő (1.00 ábra 3.) a bázisára vezetett negatív és pozitív impulzusokat felerősíti és a kábelben keresztül a felszínre továbbítja. Az impulzusok továbbítása és a szonda áramellátása ugyanazon a két vezető-éren történik. A tápláló feszültségből a *G. M.* csőcsoportok működéséhez szükséges magasfeszültséget átalakítás útján – *RL* multivibrátorral – nyerjük (1.00 ábra 4.). A keletkező váltóáramot egyenirányítjuk, majd megfelelő szűrés és stabilizálás után a felhasználási helyre a *G. M.* csövekhez vezetjük.

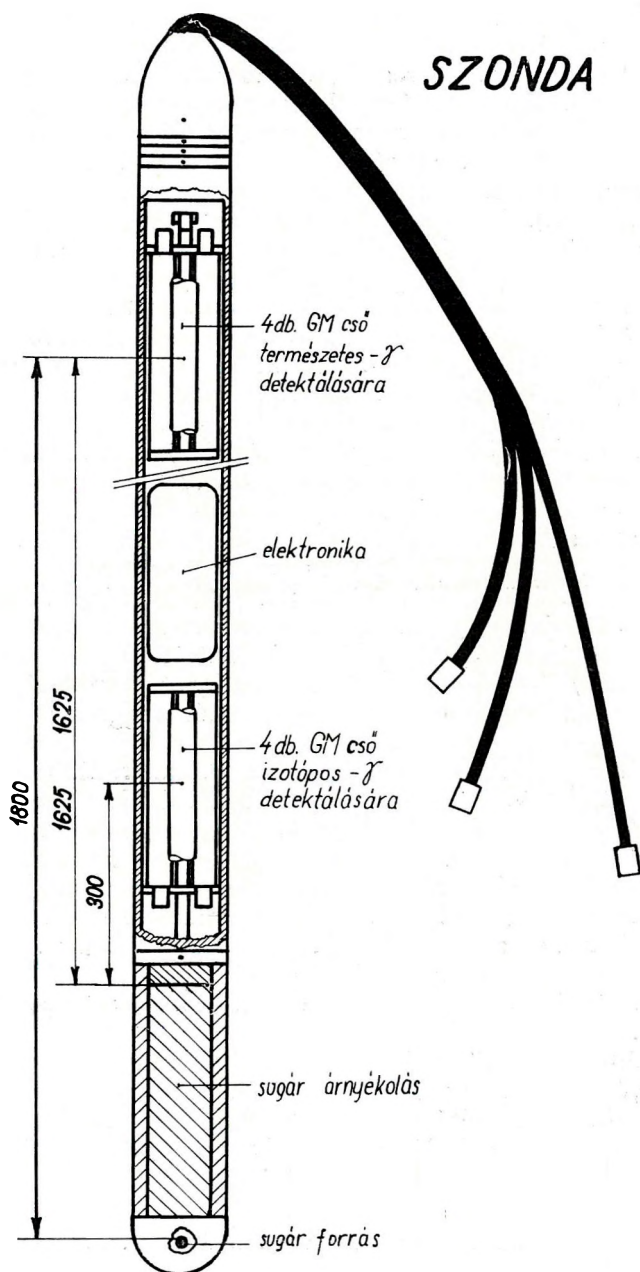
A *G. M.* csőből kilépő pozitív és negatív impulzusok a szondába épített egyenáramú erősítőben felerősítve a kábelre kerülnek. Az 1.00 ábrán mindkét jel haladási irányát nyíllal jelöltük. A felszínre beérkezett negatív és pozitív impulzusok a nyíl iránya szerint az impulzus válogatóba kerülnek. Az ábrán látható 5 jelzéssel ellátott impulzus válogató a pozitív jeleket a 7 jelzésű, a negatív jeleket pedig a 6 jelzésű impulzus-erősítőbe vezeti. Mindkét erősítőben az impulzusok felerősödnek, és mint negatív impulzusok lépnek ki. Az így alakított impulzusok csak egy sajátos kapcsolású multivibrátor (1.00 ábra 8.9) indítására alkalmasak, amely uniformizált jeleket küld az integrátor körre (ábrán 10.11). Az integrátor feladata, hogy az egyes impulzusok töltéseit összegezze és az ezt követő csővoltmérőnek (12 – 13) egyenáram, ill. egyenfeszültség formájában átadja. A feszültségnek természetesen egyenlőnek kell lennie az időegységre eső impulzusok számával. Tekintettel az impulzusok szabálytalan (statisztikus) eloszlására, továbbá a változó vontatási sebességre, az integráló kört az impulzusszint változásaitól független időállandókkal láttuk el.

Az integrátor méréstartománya több fokozatban váltható. Feszültsége – egyenáramú csatlakozással – a hídkapcsolású csővoltmérőt vezérli. A csővoltmérő hídágában elhelyezett mérőműszert imp/min-ben hitelesítettük. A fotoregisztráló galvanométer szinkron működését a mérőműszerekkel sorosan kapcsolt ellenállásról levett feszültséggel biztosítottuk. A fotogalvanométeres csatlakozás a hídágba biztosítja a lyukszelvényezés alkalmával az impulzusszám folyamatos regisztrálását. Az 1.00 ábrán látható 14 egység a már említett akkumulátor feszültség stabilizálását végzi; a 15 és 16 egység pedig a tápfeszültséget alakítja át a szonda részére, továbbá feszültség és áram stabilizálást végez.

A fűrólyukba lebocsájtandó elektronika teljes egységként foglal helyet a szonda hüvelyében. A szondahüvelyt 5000 m mélységre terveztük. Az itt uralkodó nyomást biztonsági túréssal 750 kp/cm<sup>2</sup>-nek számítottuk, ezért a szondahüvely 65 mm átmérőjű, 6 mm falvastagságú krómmal acélszövből készült.

#### Gamma detektorok (1.00 ábra 1. 2.)

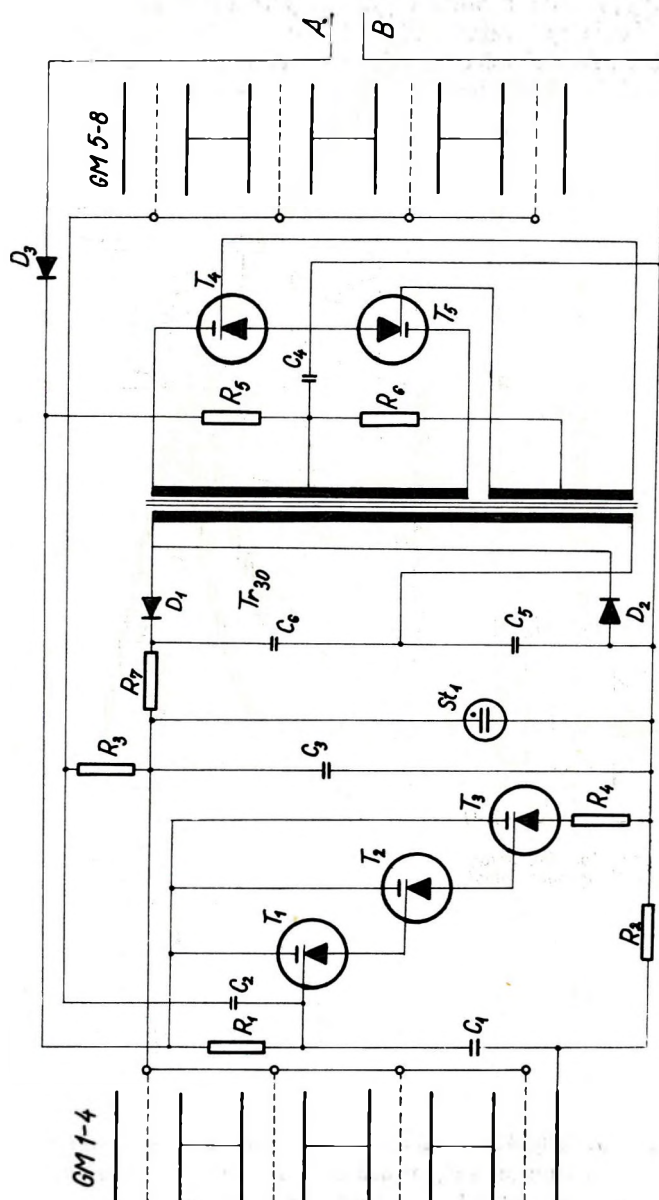
A gamma sugárzást érzékelő detektorokat a szonda két végében két négyes csoportban helyeztük el. Kísérletileg meghatároztuk a sugárforrástól leg távolabb eső detektorcsoport távolságminimumát, hogy a detektorok a gamma-foton sugárzást csak saját körzetükben detektálják. A kísérletet a Pécs-26



1.01 ábra. A szonda elvi rajza

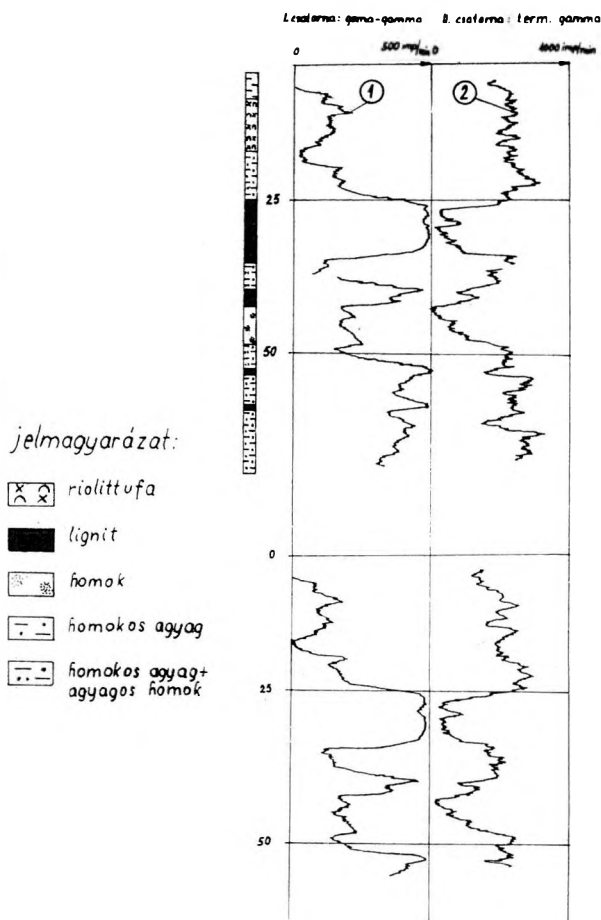
Фиг. 1.01. Схема зонда

1.01 Block-scheme of the sound



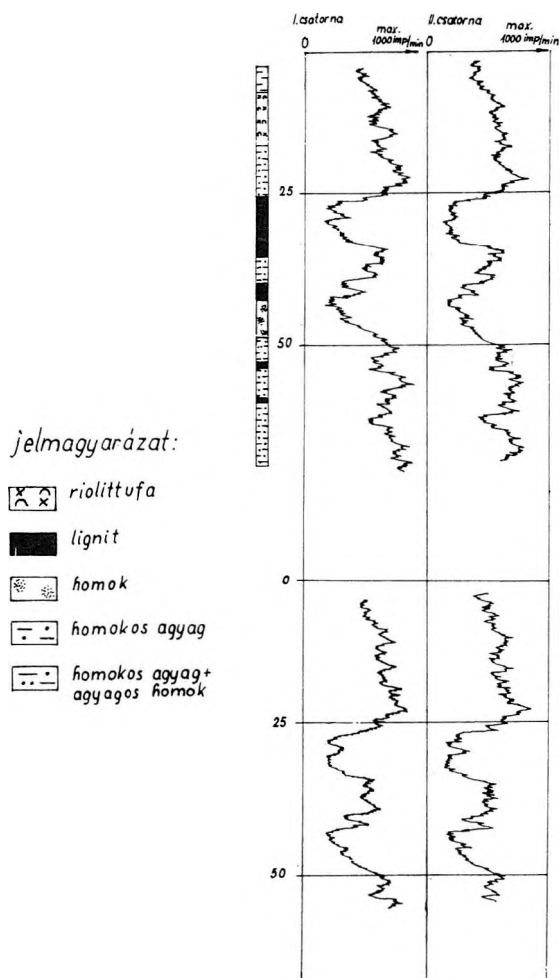
1.02 ábra. Szonda elvi kapcsolási rajza  
 Фиг. 1.02 Принципиальная схема зонда  
 1.02 Generalized circuit-diagram of the sound

mélyfúrás homokos rétegsorának szelvényezésével, a *GEO-R 2* típusú radio-aktív lyukszelvényező adapterrel 50 mC erősségű  $\text{Co}^{60}$  gamma-foton forrással hajtottuk végre úgy, hogy a szonda végére rögzített gamma toldatban elhelyezett sugárforrás távolságát addig változtattuk, amíg a természetes sugárzás szintjét nem kaptuk. A kísérlet eredménye az volt, hogy a természetes gamma detektornak a sugárforrástól legalább 1800 mm-re kell lennie. (1.01 ábra).



1.03 ábra. Mélyfúrásban felvett természetes gamma szelvény  
 Фиг. 1.03. Кривая ГК, записанная в глубокой скважине  
 1.03 Natural gamma log of a deep-drilling

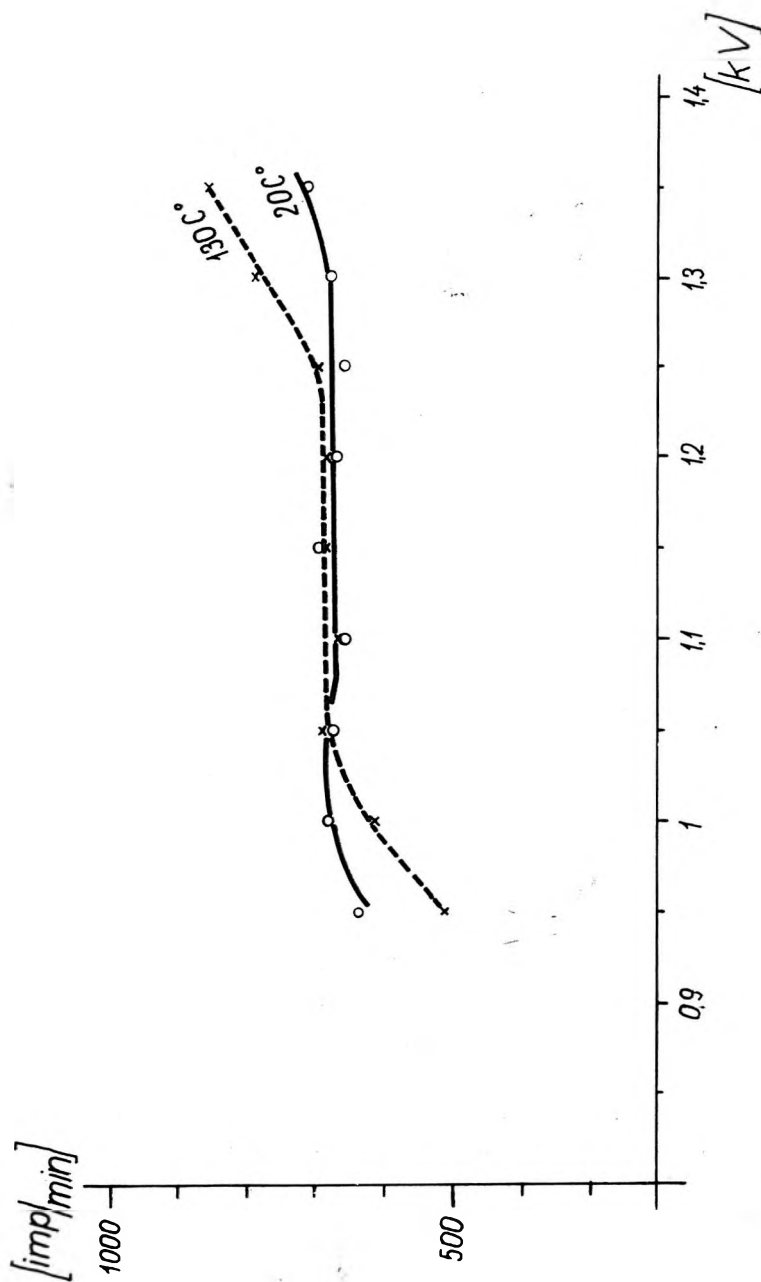




1.04 ábra Mélyfúrásban felvett természetes gamma és gamma-gamma szelvény

Фиг. 1.04 Кривые ГК и ГГК, записанные в глубокой скважине

1.04 Natural gamma and gamma-gamma log of a deep drilling



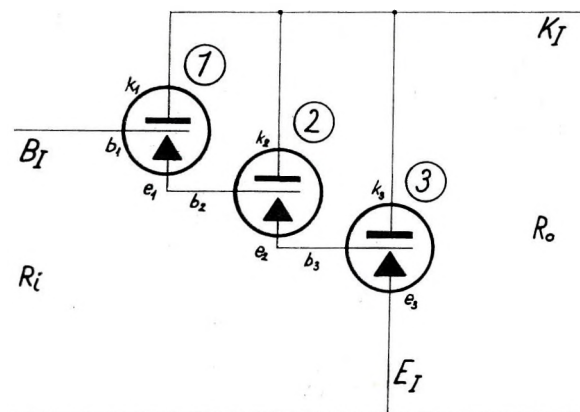
2.01 ábra. A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézetben kidolgozott NG 340 típusú kísérleti Geiger – Müller cső 20 és 130 °C hőmérsékleten felvett karakterisztikái (Németh László adatközlése alapján)

Фиг. 2.01. Характеристики опытного счетчика Гейгера – Мюллера NG 340, разработанного Вент. Гос. геофизическим институтом им. Лоранда Этвеша, снятые при температурах 20 и 130° C

2.01 Temperature curves (at 20 °C and 130 °C) of an experimental GM counter type NG 340, constructed in the Hungarian State Geoph. Inst. (courtesy of L. Németh)

### Egyenáramú erősítő (1.00 ábra 3.)

A Geiger Müller csövekből a gamma fotonok által kiváltott negatív és pozitív impulzusok erősítését a Darlington (1) által javasolt egyenáramú erősítővel oldottuk meg. Ez a Darlington-féle kapcsolás lehetővé teszi három tranzisztornak olyan összekapcsolását, hogy egy tranzisztort eredményezzen (3.01 ábra). Ez – mint látni fogjuk – számos előnnyel jár. Olyan tranzisztorokat

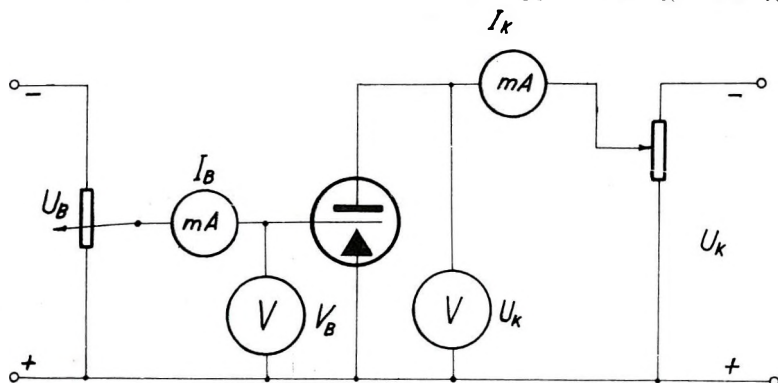


3.01 ábra. Összetett tranzisztor kapcsolási rajza

Фиг. 3.01. Принципиальная схема комплексного транзистора

3.01 Connection diagram of a combined transistor

alkalmaztunk, amelyek 120 °C-on még kifogástalanul működnek, továbbá magas  $U_{KE}$ -vel és megfelelő disszipációval rendelkeznek. Az összetett tranzisztor három végződésel rendelkezik, ezeket  $B_T$ ,  $E_T$ ,  $K_T$ -el jelöltük meg. Minthogy az így előállított összetett tranzisztor paramétereit nem ismertük, a 3.02 ábrán látható kapcsolásban felvettük jelleggörbéit.  $I_K = f(U_K)$  külön-

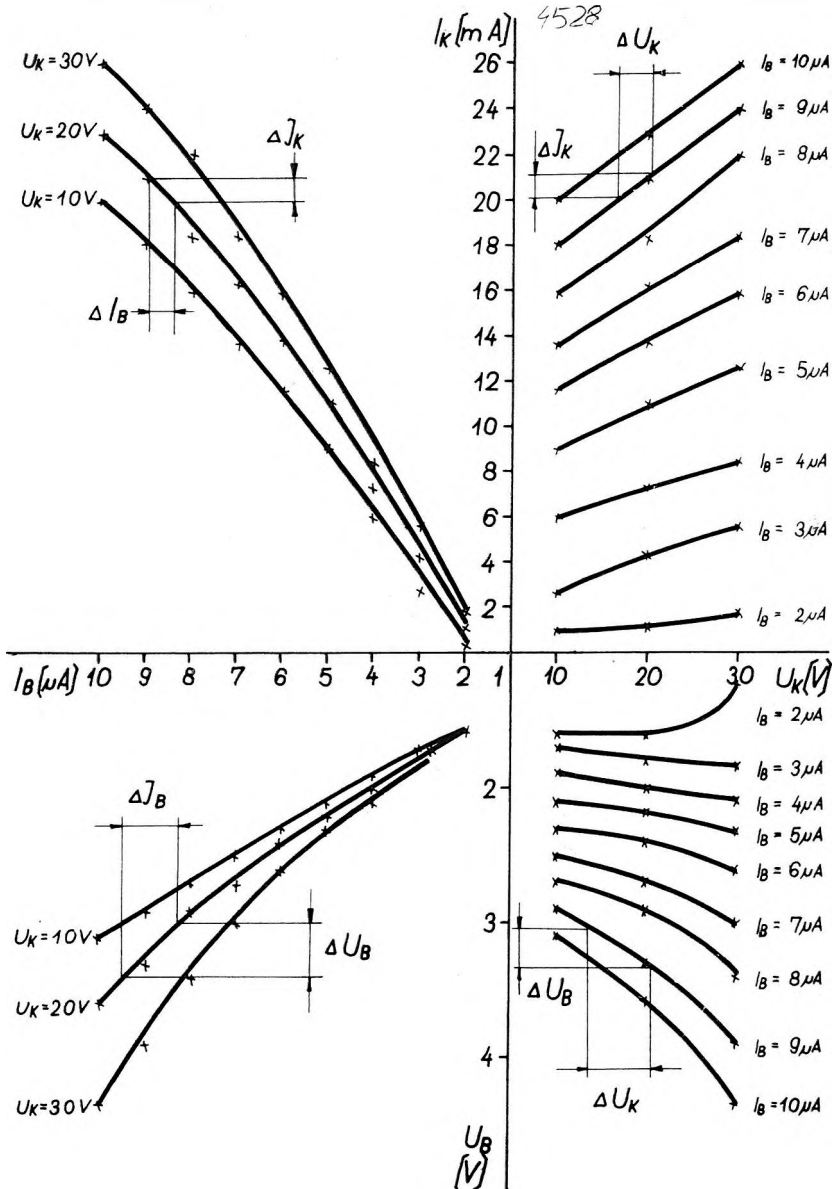


3.02 ábra. Kapcsolás tranzisztor karakterisztikák felvételére

Фиг. 3.02. Схема для снятия характеристик транзистора

3.02 Circuit for recording transistor-characteristics

böző bázisáramok, valamint  $I_B = f(U_B)$  különböző kollektorfeszültségek mellett. Így kaptuk a 3.03 ábrán bemutatott kollektor – és bázisfeszültség, valamint bázis- és kollektoráram görbe sereget. Hogy az erősítő méretezéséhez



3.03 ábra. Összetett tranzisztor jelleggörbeserege

Фиг. 3.03. Семейство характеристик для комплексного транзистора

3.03 Set of characteristics of combined transistor

szükséges tranzisztorparamétereket megkapjuk, a tranzisztort lineáris négy-pólusként tekintettük. Ez lehetővé tette, hogy a tranzisztort hibrid (továbbiakban  $h$ ) paramétereivel jellemezzük. Számításainkhoz a következő paraméterek kifejtésére volt szükségünk:

bemenő ellenállás rövidrezárt kimenettel:  $h_{11e} = \Delta U_B / \Delta I_B$

üresjárási feszültség visszahatás:  $h_{12e} = \Delta U_B / \Delta U_K$

áramerősítés rövidrezárt kimenettel:  $h_{21e} = \Delta I_K / \Delta I_B$

üresjárási kimenő vezetés:  $h_{22e} = \Delta I_K / \Delta U_K$

A differenciahányadosok értékeit a 3.03 ábrán látható jelleggörbe seregéből vesszük.

Továbbá számításainkban a következő egyszerűsítéseket vezettük be.

$$H = \frac{h_{12} \cdot h_{21}}{h_{11} \cdot h_{22}}$$

$$dh = h_{11} h_{22} - h_{12} h_{21}$$

$$L = \frac{R_L}{R_L + \frac{1}{h_{22}}}$$

$$G = \frac{h_{11}}{h_{11} + R_G}$$

Az  $R_G$  értékét a bemenő, az  $R_L$  értékét a kimenő illesztés határozza meg.

A  $h$  paramétereivel meghatározott összetett tranzisztort az impulzusok erősítésére emitter kapcsolásban alkalmaztuk. A 3.01 ábrán bemutatott kapcsolat bemenő ellenállása:

$$R_i = \frac{h_{11} + dh R_L}{1 + h_{22} R_L} \quad (1)$$

kimenő ellenállása:

$$R_o = \frac{h_{11} + R_G}{dh + h_{22} R_G} \quad (2)$$

áramerősítése:

$$V_i = \frac{h_{21}}{1 + h_{22} R_L} \quad (3)$$

feszültség erősítése:

$$V_u = \frac{-h_{21} R_L}{h_{11} + dh R_L} \quad (4)$$

teljesítmény erősítés:

$$V_{N\max} = \frac{4h_{21}^2 R_G R_L}{[(1 + h_{22} R_L) R_G + h_{11} + dh R_L]^2} \quad (5)$$



3.04 ábrán a teljes erősítő kapcsolását mutatjuk be. Az  $R_1$  és  $R_4$  ellenállások alkalmazásával az erősítő tulajdonságait kívántuk megjavítani. Az ellenállások befolyását külön-külön vizsgáltuk meg, mégpedig amikor az  $R_1$  ellenállás párhuzamos ellencsatolását értékeltük, feltételeztük, hogy az  $R_4$  rövidre van zárva. Az  $R_1$  ellenállás következtében fellépő ellencsatolási faktor:

$$t_p = \frac{R_L}{R_1} \frac{1}{1 + R_L h_{22}} \quad (6)$$

hatására a bemenő ellenállás:

$$R_{ip}^* = R_i \left( \frac{1}{1 + t_p h_{21}} \right) \quad (7)$$

a kimenő ellenállás:

$$R_{op}^* = R_o \left( \frac{1 - HG}{1 - HG + t_p h_{21} \frac{1 - G}{L}} \right) \quad (8)$$

az áramerősítés:

$$V_{ip}^* = V_i \left( \frac{1}{1 + t_p h_{21}} \right) \quad (9)$$

a feszültségerősítés:

$$V_{up}^* = V_u \quad (10)$$

a teljesítményerősítés:

$$V_{Np}^* = V_{Nmax} \left( \frac{1}{1 + t_p h_{21}} \right) \quad (11)$$

A fenti egyenletekbe a megfelelő értékeket behelyettesítve azt kapjuk, hogy a bemenő ellenállás, a kimenő ellenállás, az áram- és a teljesítményerősítés csökken, a feszültségerősítés változatlan.

Összefoglalva: a párhuzamos ellencsatolás következtében az üzemi áramerősítés a szórástól függetlenebb lesz és így nemcsak az egyes tranzisztorok szórását küszöböljük ki, hanem elérjük a nemlineáris torzítások kompenzációját és a fázismenet javítását is.

Az előzőekben tárgyaltak szerint számítottuk ki az  $R_4$  soros ellencsatolást létesítő tag befolyását az erősítőre. Ebben a számításban az  $R_1$  tag értékét végtelen nagynak vettük. Azt kaptuk, hogy a soros ellencsatolási faktor:

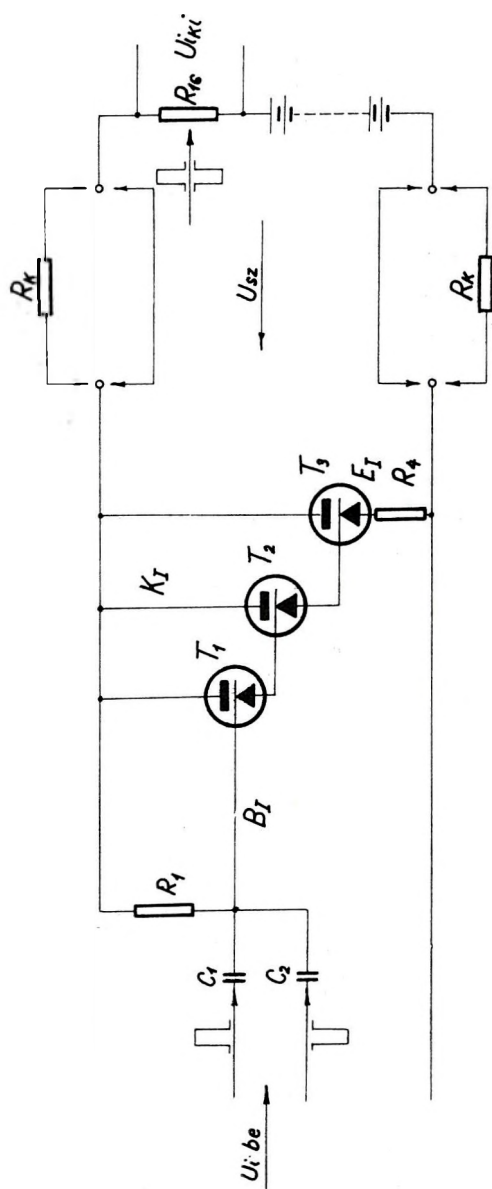
$$t_s = \frac{R_4}{h_{11}} \frac{1 - L}{1 - HL} \quad (12)$$

hatására a bemenő ellenállás:

$$R_{is}^* = R_i (1 + t_s h_{21}) \quad (13)$$

a kimenő ellenállás:

$$R_{os}^* = R_o \left( 1 + t_s h_{21} G \frac{1 - HL}{1 - L} \right) \quad (14)$$



3.04 ábra. Közvetlen csatolású erősítő

Фиг. 3.04. Усилитель непосредственной связи  
3.04 Direct-coupled amplifier

az áramerősítés:

$$V_{is}^* = V_i \quad (15)$$

a feszültségerősítés:

$$V_{us}^* = V_u \left( \frac{1}{1 + t_s h_{21}} \right) \quad (16)$$

a teljesítményerősítés:

$$V_{Ns}^* = V_{Nmax} \left( \frac{1}{1 + t_p h_{21}} \right) \quad (17)$$

A (13) (14) (15) (16) (17) számú egyenletekbe a megfelelő értékek behelyettesítése után kapjuk, hogy a soros szabályozó tag a kimenő – bemenő ellenállást növelte, a feszültségerősítést és a teljesítményerősítést csökkentette, az áramerősítésre nem volt hatással.

Szükségesnek tartottuk mindkét ellenállás alkalmazását, mert a két hatás kedvezően befolyásolta az erősítő tulajdonságait. A következőkben az  $R_i$  és  $R_o$  eredő hatását vezetjük le.

Az eredő bemenő ellenállást úgy kapjuk, hogy a (7) egyenletbe az  $R_i$  helyébe az  $R_{is}^*$  értékét helyettesítjük be:

$$R_i^* = R_{is}^* \left( \frac{1}{1 + t_p h_{21}} \right) \quad (18)$$

Az eredő kimenő ellenállás értékének meghatározásához a (8) egyenletbe az  $R_o$  helyébe az  $R_{os}^*$  értékét helyettesítjük:

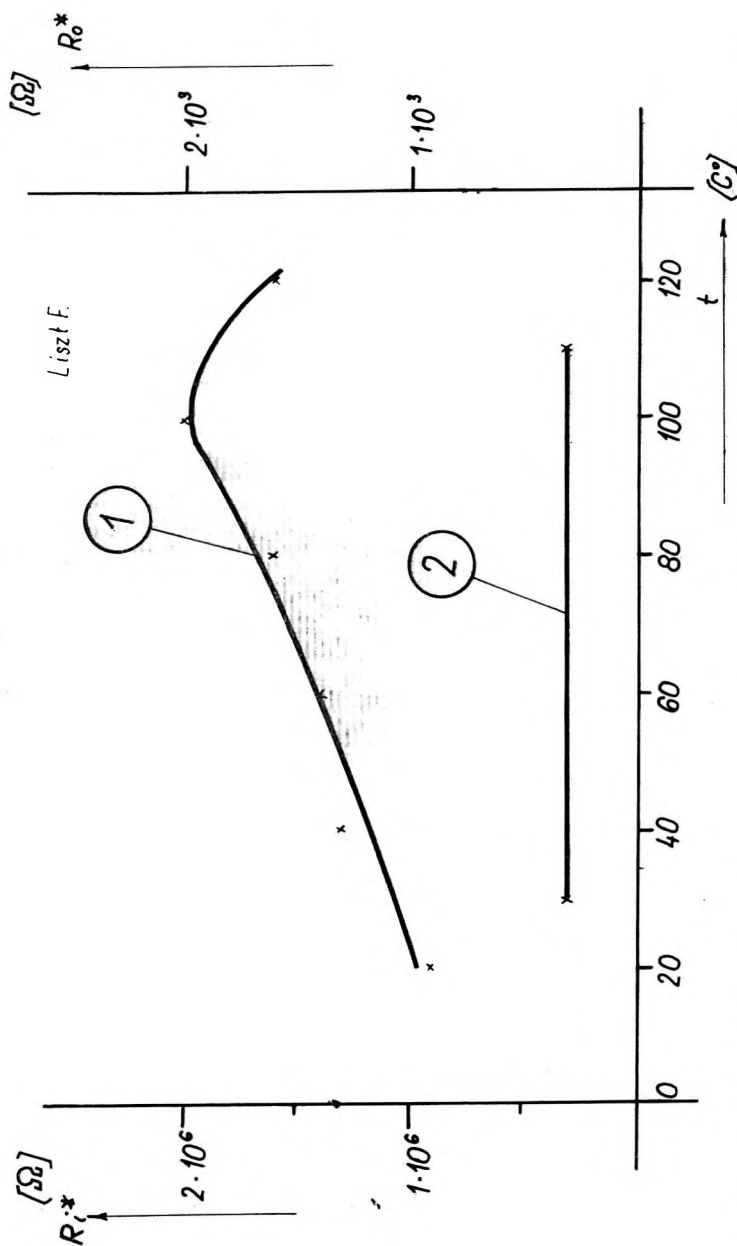
$$R_o^* = R_{os}^* \left( \frac{1 - HG}{1 - HG + t_p h_{21} \frac{1 - G}{L}} \right) \quad (19)$$

Az áramerősítés esetében csak a párhuzamos ellencsatolást létesítő tag fejt ki hatást, mint a (9) és (15) egyenletből láttuk. Az eredő hatás tehát ezzel megegyezik. Ugyanez áll fenn a feszültségerősítésnél is, ahol csak a soros ellencsatoló tagnak van szabályozó hatása. Ezt láthattuk a (10) és (16) egyenletből. Az eredő teljesítményerősítést az előzőekben ismertetett módon határoztuk meg. A (17) egyenletben a  $V_{Nmax}$  helyébe a  $V_{Ns}^*$  értékét helyettesítjük be:

$$V_N^* = V_{Ns}^* \frac{1}{1 + t_p h_{21}} \quad (20)$$

Az elmondottak alapján méretezett erősítőt megvizsgáltuk. A vizsgálatok eredményeit az alábbiakban ismertetjük:

A 3.05 ábrán a bemenő – és kimenő ellenállás grafikonját láthatjuk. Az 1 görbe a bemenő ellenállás  $R_i^*$  változását mutatja a hőmérséklet függvényében. A bemenő ellenállás a hőmérséklet függvényében 0,9 Mohm-ról indulva, 100 °C eléréséig növekszik, itt eléri a 2 Mohm-ot, majd 120 °C-ig kismértékben csökken. A 2. görbe az  $R_o^*$  kimenő ellenállás hőmérsékletfüggőségét ábrázolja. Látható, hogy a kimenő ellenállás a hőmérséklettől független.



3.05 ábra. Az erősítő be- és kimenő ellenállásának grafikonjai (1)  $R_i = f(t)$  bemenő ellenállás változása a hőmérséklet függvényében; (2)  $R_o = f(t)$  kimenő ellenállás változása a hőmérséklet függvényében

Фиг. 3.05. Графики входного и выходного сопротивлений усилителя:  $R_i = f(t)$  (1) — зависимость изменения входного сопротивления от температуры;  $R_o = f(t)$  (2) — зависимость изменения выходного сопротивления от температуры.

3.05 Diagrams of the input and output resistance of the amplifier:

(1)  $R_i = f(t)$  the change of the input resistance in the function of the temperature;

(2)  $R_o = f(t)$  the change of the output resistance in the function of the temperature

Az áramerősítés értéke a munkaponton  $2,4 \cdot 10^3$ , a feszültségerősítés 1,25. A teljesítménycsúszó átlagosan  $1,27 \cdot 10^3$ .

A kisebb-nagyobb eltérések a számított és a mért értékek között a mérőműszerek és a logarléccel való számolás pontatlanságának, valamint a karakterisztika felvételek nonlinearitásának következményei.

A 3.06 ábrán a frekvenciaátviteli görbét láthatjuk. A vízszintes tengelyen logaritmikus léptékben a frekvenciát Hz-ben, a függőleges tengelyen lineáris léptékben a kilépő feszültség szintet tüntettük fel Neperben. A frekvencia-menet azt mutatja, hogy az átvitel 30 Hz-től 150 kHz-ig egyenes. Az erősítőbe táplált generátorfeszültség 0 Neper volt, a kapott kimenő feszültség az illesztő ellenállás  $1/3$ -át kitevő 300 ohmon  $-0,575$  Neper volt.

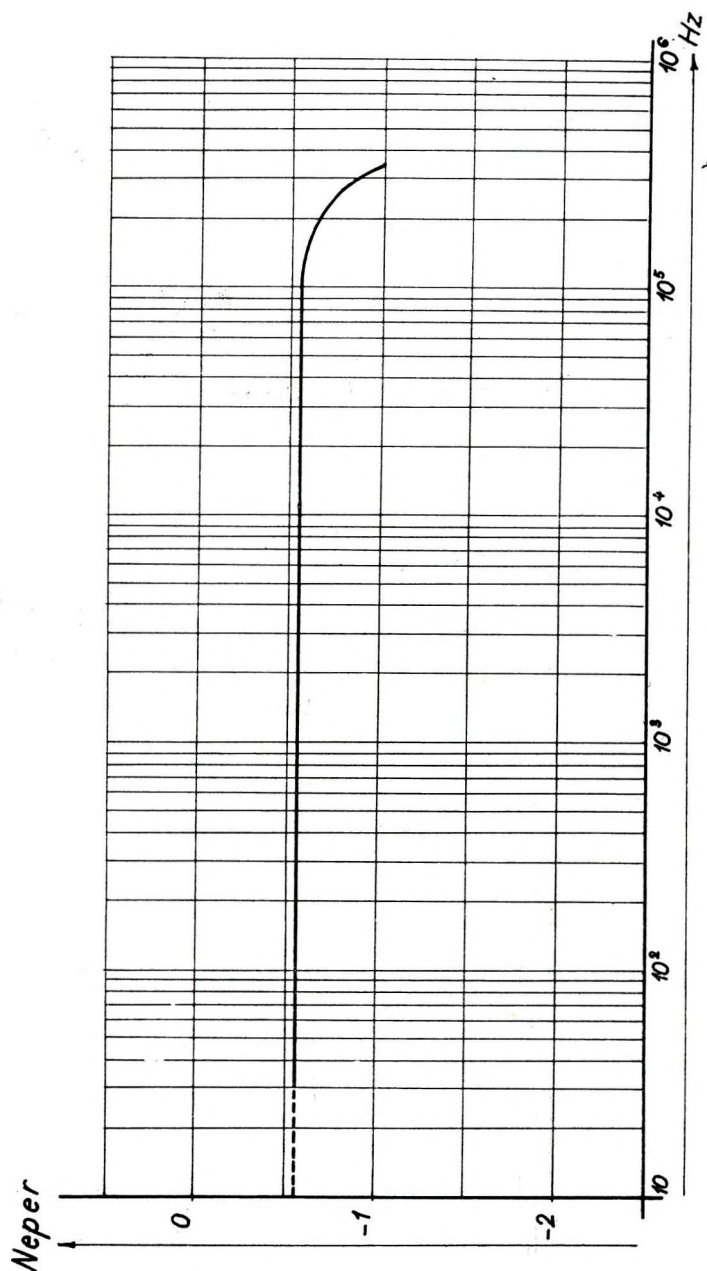
Az erősítő frekvenciaátvitelének jóságát magasabb hőmérsékleten pontonként mértük meg. Eredményül azt kaptuk, hogy a spektrum igen kevésbé szűkül és a kimeneti szint maximum 20%-al esik.

### Magasfeszültséget előállító egység (1.00 ábra 4.) (DC konverter)

A Geiger — Müller csövek működtetéséhez szükséges egyenáramú magasfeszültséget az ún.  $RL$  multivibrátor alkalmazásával állítottuk elő. Ez a kapcsolási rendszer módot nyújt arra, hogy a szonda elektronika tápáramából négyszög hullámokat hozzunk létre. A négyszög hullámú rezgések frekvenciája több kHz is lehet. Ez a lehetőség igen jól felhasználható a hatásfok növelésében és a méretek csökkentésében.

A 4.01 ábra egy  $RL$  multivibrátor elvi kapcsolását mutatja be. Az áramkörben a tranzisztorok mint ki-be kapcsolók működnek. Az  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$  és  $L_4$  tekercsek a megjelölt állapotban fázisban vannak. A transzformátor tekercsek visszacsatolásával elértük, hogy amikor az egyik tranzisztor vezet, a másik le van zárva. Az  $U_{sz}$  feszültség tehát felváltva az  $L_1$  és az  $L_2$  tekercsen át hajt áramot. Ha  $T_5$  vezeti az áramot, az  $L_3$  tekercsben feszültség indukálódik. Ezáltal az  $L_3$  megfelelő pólusa a  $T_5$  bázisán negatívvá válik és visszacsatoló hatás alakul ki. Az  $L_4$  tekercs viszont úgy van kapcsolva, hogy a  $T_2$  tranzisztor bázisának pozitív potenciált szállít, és így  $T_6$  lezárt marad. Az  $L_3$  és  $L_4$  bázis-tekercseket úgy méreteztük, hogy az előállított bázisfeszültségek a kívánt kollektoráramot szolgáltatassák és zárófázisban biztosan lezárjanak. A transzformátor vasmagja a  $T_5$  tranzisztor vezetési ideje alatt  $+\Phi_m$  telítésig mágneseződik. Ekkor bekövetkezik a fluxusváltozás és az egyes tekercsekben indukált feszültségek — közöttük a  $T_5$  bázisán levő negatív potenciál, amely az áram folyását szorgalmazta — összeesnek. Ha az áram az  $L_1$  tekercsben egy kicsit visszaesik, szintén fluxusváltozást okoz. Ez jóllehet csekély, mégis elegendő arra, hogy az  $L_4$  tekercsben kis, és úgy polarizált feszültséget indukáljon, hogy a  $T_6$  bázisának potenciálja negatív legyen. Az így megindított kollektoráram az  $L_2$ -n keresztül folyik. Ennek a tekercselési iránya olyan, hogy a  $T_6$  bázisának negatív feszültségét növelje, a  $T_5$ -ét viszont csökkentse. Ezáltal a  $T_6$ -ban az áram tovább növekszik, a  $T_5$  viszont lezár. A vasmag a rezgésnek ebben a félperiódusában a negatív telítésig  $-\Phi_m$  vezérlődik. A negatív telítési mágnesezés elérése után az indukált feszültségek ismét összeesnek, ezáltal egy új rezgési periódus kezdődik.





3.06 ábra. Az erősítő frekvenciamevet grafikonja  
 Фиг. 3.06. График хода частоты усилителя  
 3.06 Frequency diagram of the amplifier

Az első félperiódus időtartama:

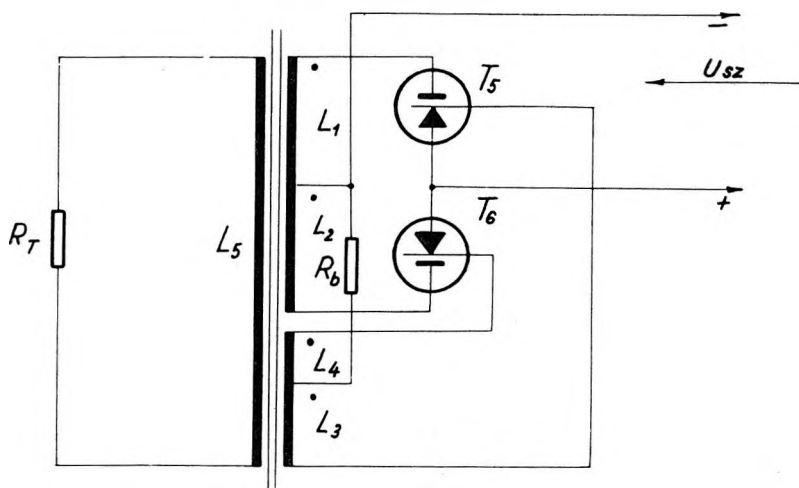
$$\frac{d\Phi}{dt} = \frac{U_{KO}}{W_1}$$

egyenletből kifejezhető. Az időnek  $t_0 - t_1$ -ig vett integrálja megegyezik a fluxusváltozásnak a  $-\Phi_m$ -től  $+\Phi_m$ -ig vett integráljával. Ebből levezetéssel kapjuk:

$$\begin{aligned} \frac{W_1}{U_{KO}} d\Phi &= dt \\ \frac{W_1}{U_{KO}} \int_{-\Phi_m}^{+\Phi_m} d\Phi &= \int_{t_0}^{t_1} dt \\ \frac{W_1}{U_{KO}} [\Phi]_{-\Phi}^{+\Phi} &= [t]_{t_0}^{t_1} \\ t_1 &= \frac{W_1}{U_{KO}} 2\Phi, \end{aligned}$$

ahol  $t_1$  a félperiódus időtartamát jelenti. Ha a frekvencia  $f = 1/T$  összefüggésébe behelyettesítjük a  $2t_1$  egészperiódusidőt, a  $q$  helyébe a  $B \cdot Q$ -t, valamint figyelembe vesszük, hogy 1 Weber =  $10^{-8}$  cgs, akkor a frekvenciára kapjuk:

$$f = \frac{U_{KO}}{4\Phi W_1} = \frac{U_{KO} \cdot 10^8}{4BQW_1},$$



4.01 ábra. RL multivibrátor elvi kapcsolása

Фиг. 4.01. Принципиальная схема мультивибратора RL.

4.01 Generalized circuit of an RL multivibrator

amiből a menetszámot kifejezve:

$$W_1 = \frac{U_{KO} \cdot 10^8}{4 \cdot B \cdot Q \cdot f}$$

$U_{KO}$  = kollektorfeszültség [V]

$W_1$  = menetszám

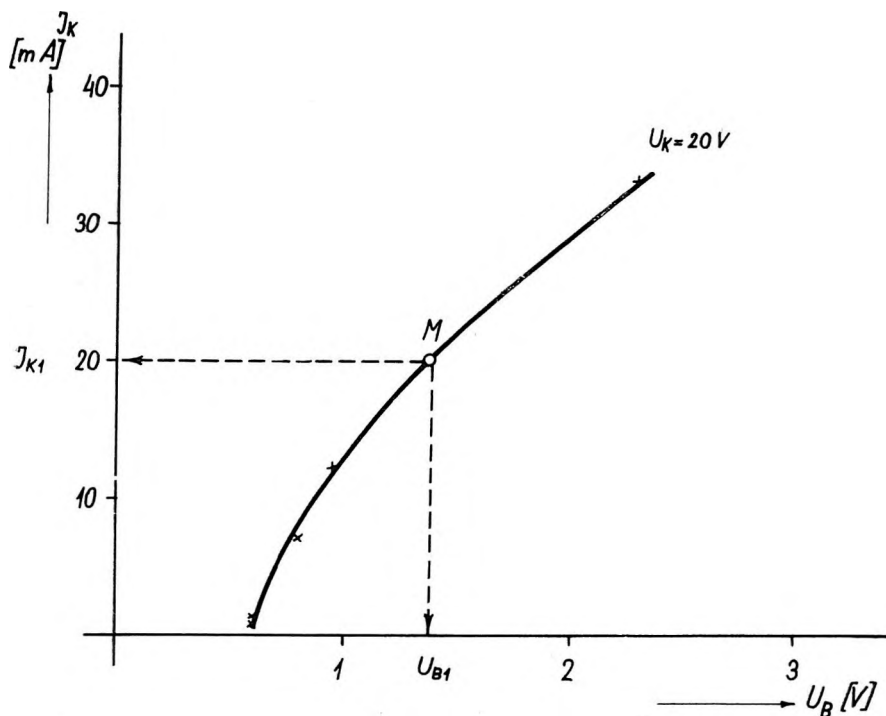
$B$  = mágneses indukció [Gauss]

$Q$  = vasmag keresztmetszet [cm<sup>2</sup>]

$f$  = frekvencia [Hz]

A bázistekercs menetszámát az alkalmazott tranzisztor  $I_K = f(U_B)$  jelleg-görbe segítségével határoztuk meg. (4.02 ábra). A görbén megjelöltük a fogyasztásnak megfelelő  $I_{K1}$ -t és ebből adódott a keresett  $U_{B1}$ . A bázistekercs menet-száma tehát egyenlő:

$$W_{B1} = W_K \frac{U_{B1}}{U_{KO}} \frac{1}{\eta}$$



4.02 ábra. Az OC 480 K tranzisztor  $I_K - U_B$  jelleggörbéje

Физ. 4.02. Характеристика  $I_{вых} - U_{вх}$  транзистора OC 480 К.

4.02  $I_K - U_B$  characteristics of the OC 480 K transistor

$W_K$  = kollektor tekercs menetszáma

$U_{B1}$  = bázisfeszültség [V]

$U_{KO}$  = kollektorfeszültség [V]

$\eta$  = hatásfok

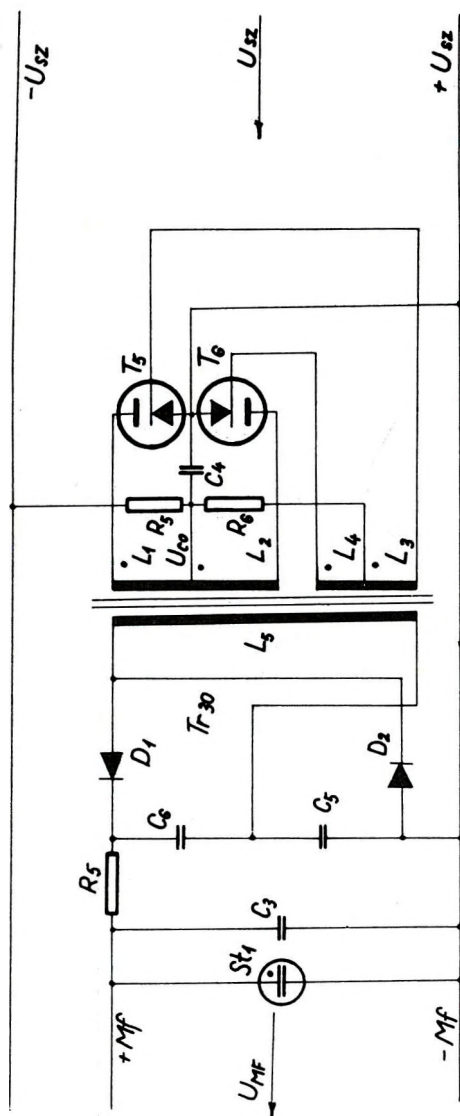
A fentiek alapján kidolgozott magasfeszültséget előállító DC konverter teljes kapcsolási rajzát a 4.03 ábrán láthatjuk. Mint említettük, a  $T_4$  és  $T_5$  tranzisztorok a ki-be kapcsolást végzik. Az  $R_6$  ellenállás a megfelelő bázisáramot biztosítja. Az  $R_5$  a  $C_4$  segítségével a multivibrátor rezgései következtében fellépő és a kábelra visszaható zajt csökkenti. Az  $L_5$  tekercsen fellépő szekunder négyzetöghullámú feszültséget feszültségduplázó kapcsolásban  $D_1$   $D_2$   $C_5$  és  $C_6$  elemekkel egyenlítőnk, majd az  $R_4$  ellenállással és  $C_3$  kondenzátorral simítjuk. Az  $St_1$  koronastabilizátorcső a magasfeszültséget az áram változásaival az  $R_7$  ellenálláson keresztül stabilizálja.

Az előállított egyenáramú magasfeszültséget az előző fejezetekben említett munkaellenállásokon keresztül a *G. M.* csövekre vezetjük.

Az egység működésével kapcsolatos ellenőrző vizsgálatokat néhány jellemző ábra segítségével ismertetjük. A 4.04 ábrán az áramátalakító teljesítmény és hatásfok görbéi láthatók a tápláló feszültség függvényében. Az 1. görbe menetéből azt látjuk, hogy a primer feszültség növekedésével a primer teljesítmény egyenes arányban növekszik. A 2. görbe a szekunder teljesítmény növekedését mutatja. A 3. görbe a hatásfokot ábrázolja. Ez 12 V-nál éri el a maximumot. Ezt használjuk fel működési pontnak. Ha figyelembe vesszük az igen kicsi teljesítményeket, és a speciális igen magas önkapacitást, akkor kimondhatjuk, hogy a 0.35-ös  $\eta$  igen jó hatásfokot jelent. A 4.05 ábra a magasfeszültség változását mutatja a hőmérséklet függvényében. (1. jelű görbe). A 2. görbe a koronastabilizáló áram növekedését mutatja a magasfeszültség növekedésével. A magasfeszültség, mint az 1. görbe menete ábrázolja, 25 ° és 130 ° között 30 V-ot változik. Az ily módon stabilizált feszültség a *G. M.* csövek működése szempontjából megfelelő, azonban meg kell említeni, hogy ez a változás 70%-ig a nem egészen kifogástalan kísérleti koronastabilizátorcsőtől származik.

Az egész egységet többször felmelegítettük, több napon át üzemeltettük, de maradandó értékváltozást nem tapasztaltunk. Erre vonatkozó vizsgálatainkat a 4.06 táblázatban ismertetjük.

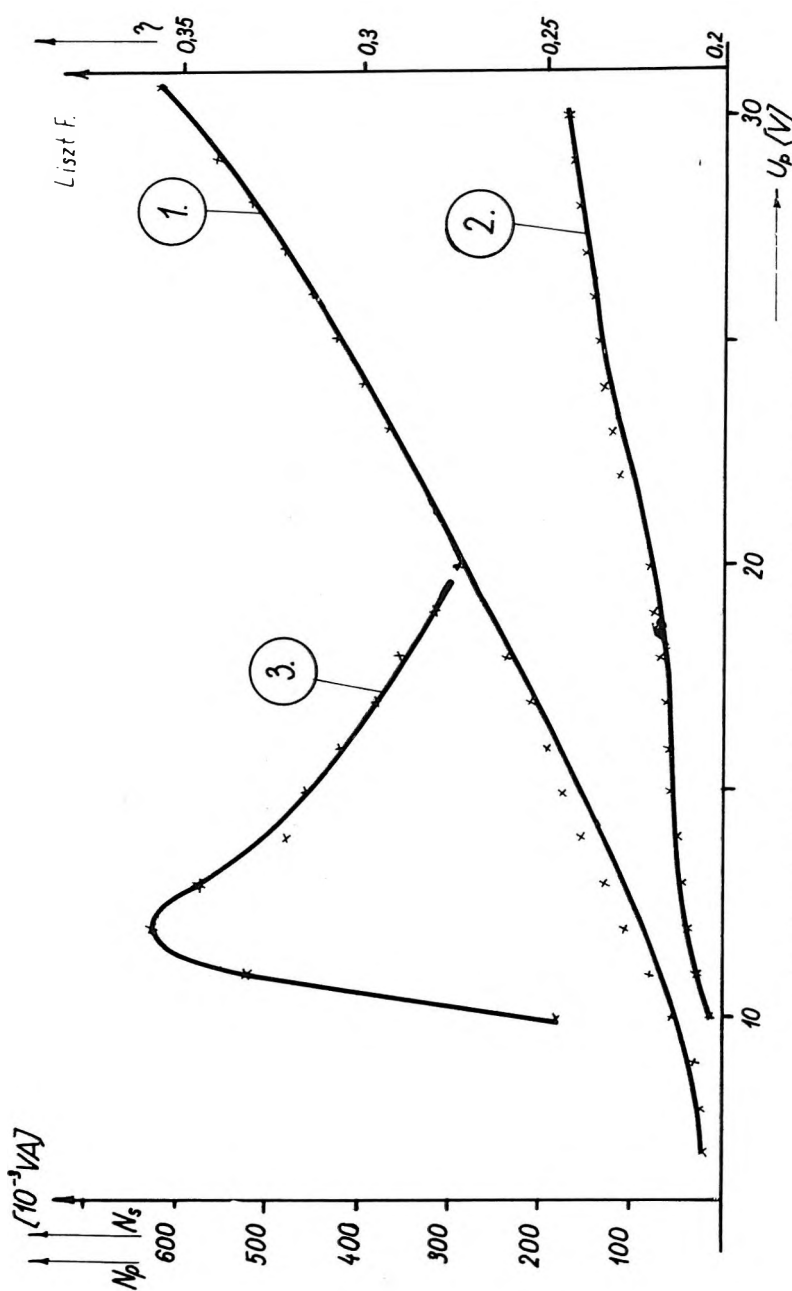
Az 1.02 ábrán az elmondottak szerint megépített szonda teljes elektronikus kapcsolását mutatjuk be. *G. M.* 1 – 4 és a *G. M.* 5 – 8-al jelöltük a Geiger-Müller csőcsoportokat. Az  $R_2$  és  $R_3$  ellenállások a *G. M.* csövek munkaellenállásai, amelyekről a feszültségimpulzusokat a  $C_1$  és  $C_2$  kondenzátorokkal az erősítő bemenetére vezetjük. A  $D_3$  dióda kiküszöböli azt a veszélyt, hogy a tápfeszültség póluscseréjekor a tranzisztorok tönkre menjenek. A szonda elektronika a két kivezető *AB* éren keresztül kapcsolódik a karotázs kábelhez. Az 1.03 és 1.04 ábrán bemutatunk két kísérleti szelvényt, amelyekből a szonda kifogástalan működése tükröződik. Mindkét szelvényt egy búkkábrányi mélyfűrés-ban vettük fel. Az 1.03 ábrán a két görbe paralell futása mutatja, hogy a két csatorna érzékenysége egyforma. Az alsó szelvényt szakaszon a szelvény ismétlését láthatjuk, ebből azt a következtetést vonhatjuk le, hogy a berendezés



4.03 ábra. DC konverter teljes kapcsolási rajza

Фиг. 4.03. Полная схема конвертера DC

4.03 Total circuit diagram of the DC converter



4.04 ábra. A DC konverter teljesítmény- és hatásfok grafikonjai

(1)  $N_p = f(U_p)$  primer teljesítmény a primer feszültség függvényében;

(2)  $N_s = f(U_p)$  szekunder teljesítmény a primer feszültség függvényében;

(3)  $\eta = f(U_p)$  hatásfok változása a primer feszültség függvényében

Фиг. 4.04. Графики мощности и эффективности конвертера DC. 1.  $N_p = f(U_p)$  зависимость первичной мощности от первичного напряжения; 2.  $N_s = f(U_p)$  зависимость вторичной мощности от первичного напряжения; 3.  $\eta = f(U_p)$  зависимость эффективности от первичного напряжения.

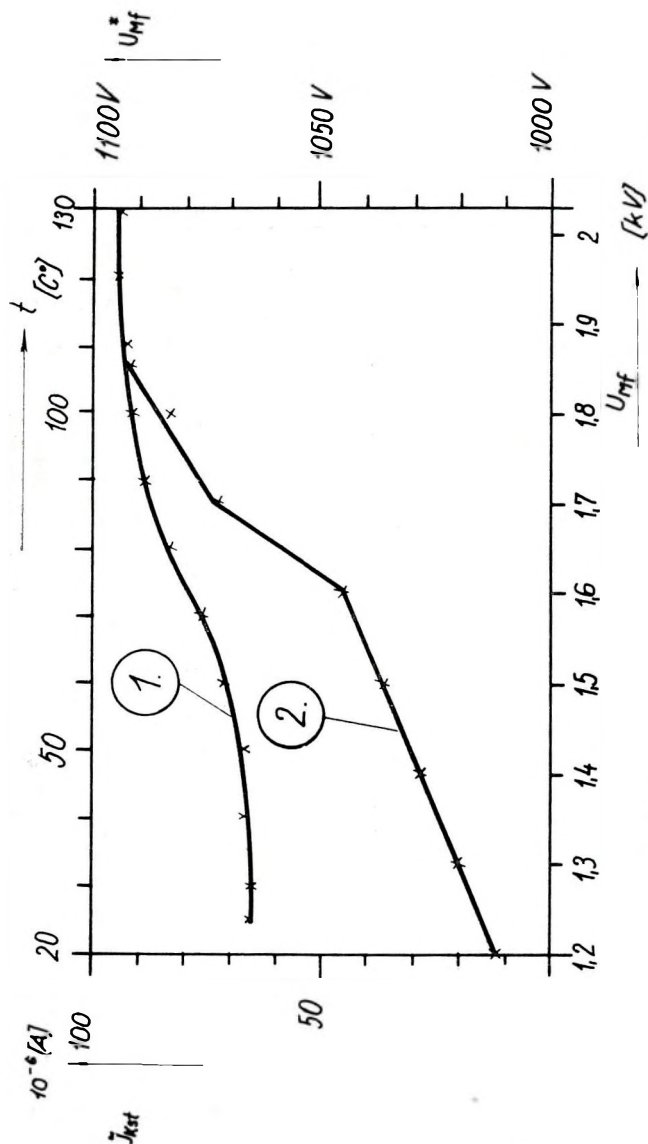
4.04 Output – and efficiency diagrams of the DC converter

(1)  $N_p = f(U_p)$  primary output in the function of the primary voltage;

(2)  $N_s = f(U_p)$  secondary output in the function of the primary voltage;

(3)  $\eta = f(U_p)$  change of efficiency in the function of the primary voltage





4.05 ábra. A magasfeszültség változásának grafikonja

(1)  $U_{Mf} = f(t)$  magasfeszültség változása a hőmérséklet függvényében;

(2)  $I_{Kst} = f(U_{Mf})$  a koronastabilizáló cső árama a magasfeszültség függvényében

Фиг. 4.05. Графики изменения высоких напряжений от температуры. 1.  $U_{\text{вн}} = f(U_{\text{ан}})$  зависимость высокого напряжения от температуры. 2.  $I_{\text{стк}} = f(U_{\text{вн}})$  зависимость силы тока в лампе для стабилизации коронки от высокого напряжения

4.05 Diagram of the change of the high-voltage

(1)  $U_{Mf} = f(t)$  the change of the high-voltage in the function of the temperature;

(2)  $I_{Kst} = f(U_{Mf})$  the current of the corona regulator in the function of the high voltage

híven reprodukál. Az 1.04 ábrán az 1. görbe a gamma-gamma szelvényt, a 2. görbe a természetes gamma szelvényt mutatja. Az impulzusszám mindkét szelvényen balról jobbra emelkedik. Az 1. görbe menetében a teljes kitérés 5000 imp/min, a 2. görbénél 1000 imp/min volt. Látható, hogy a kőszenes szakaszon, ahol az 1. görbe maximumot mutat, a 2. vagyis a természetes-gamma szelvény minimumot. Ez azt jelenti, hogy az alkalmazott sugárforrással felvett gamma-gamma maximum a természetes-gamma minimumát nem zavarja. Az alsó szelvényszakasz a reprodukálás jóságát bizonyítja.

A felszíni készüléket egy későbbi időpontban ismertetjük.

Hőfok C	$I_p$ mA	$U_p$ V	$U_{Mf. st.}$ V	Felmelegítés		
				$I_{kst} (\mu A)$ első	$I_{kst} (\mu A)$ második	$I_{kst} (\mu A)$ harmadik
130	8,1	12	1094	31	34	33,5
125	8,05	12	1094	31,5		33,5
120	8,05	12	1094	31,5	34	33,5
115	8,05	12	1093	32		33,5
110	8,05	12	1093	32,5	34	34
105	8	12	1093	33		34
100	8	12	1091	33,5	34	34,1
95	8	12	1091	34		34,6
90	8	12	1089	34	34	34,6
85	8	12	1086	34		34,9
80	8	12	1084	34	34,1	35
75	8	12	1081	34		35,1
70	8	12	1077	34,5	34,1	35,2
65	8	12	1074	34,5		35,3
60	8	12	1071	34,5	34,1	35,3
55	8	12	1067	34,5		35,3
50	7,9	12	1067	34,5	34,1	35,1
45	7,9	12	1067	34,5		35
40	7,9	12	1066	34,5	34	34,8
35	7,9	12	1066	34,5		34,7
30	7,9	12	1065	34,5	34	34,3
25	7,9	12	1065	34,5		34,2

## IRODALOM

- C. Sz. Cikin. Hangfrekvenciás Transzformátorok.  
Domsch G. H. 1960. Híradástechnikai Transzformátorok.  
Herbert Lennartz-Werner Taeger 1963. Transistor-Schaltungstechnik.  
Istvánffy Edvin: 1950. Mágneses Anyagok és Alkalmazásuk. Intermetall 1959. Jahrgang 2.  
Ionen und Elektronen Sonderdruck Heft 4. April.  
Fischer: 1960. Isvestija W. U. S. Radiotechnik 3.  
Kammerloher: 1957. Radiotechnikusok Elektrotechnikája.  
Kemény Ádám és Saufer János: 1960. Transzisztoros Feszültségstabilizátorok. Magyar Híradástechnika XI. évf. 3., 4., 5. szám.  
Kobzev-Sismakov: 1963. Transzisztoros Rádiókészülékek Áramkörei.  
K. B. Masel: 1954. Gleichrichter und Spannungregler.  
R. F. Shea: 1961. Transistortechnik.  
Siemens Bauelemente 1960.  
Siemens Transistoren 1962. Sonderdruck.  
Wilhelm Klein: 1949. Trägerfrequenz-technik.

TATÁR ЯНОШ

## О ПРИМЕНЕНИИ МЕТОДА НЕЙТРОННОЙ АКТИВАЦИИ ДЛЯ ИСКОРЕННОГО АНАЛИЗА БОКСИТОВ

При помощи метода, основывающегося на нейтронной активации, содержание алюминия и кремния в образце определяется за 9 минут. Статистическая обработка 300 контрольных измерений показывает, что отклонение результатов активационного анализа от химического составляет в среднем  $+1,12 \pm 2,43\%$  для окиси алюминия и  $-0,03 \pm 2,01\%$  для двуокиси кремния. По сравнению с длительным химическим анализом предлагаемый прием представляет собой „экспрессный” метод, удовлетворяющий требованиям промышленности.

J. TATÁR

## THE APPLICATION OF NEUTRON-ACTIVATION FOR QUICK ANALYSIS OF BAUXITES

An analysis based upon neutron-activation determines the aluminium and silicium content of a bauxite sample in 9 minutes. According to a statistical calculation of 300 tests, the mean value of the differences of the discussed and of the traditional (chemical) analysis is  $+1,12 \pm 2,43\%$  with  $\text{Al}_2\text{O}_3$   $-0,03 \pm 2,01\%$  with  $\text{SiO}_2$ . The rapid process discussed meets industrial demands.

## BAUXITMINTÁK ALUMÍNIUM- ÉS SZILICIUMTARTALMÁNAK GYORS MEGHATÁROZÁSA NEUTRONAKTIVÁLÁSOS ANALÍZISSEL

TATÁR JÁNOS

### Bevezetés

Neutronaktiválásos analízisnek nevezzük azt az elemzési eljárást, amely-nél az ismeretlen összetételű anyagot neutronsugárzás hatásának tesszük ki és a neutronbefogás útján keletkezett radioaktív izotópok aktivitásának mérésével határozzuk meg az egyes elemek mennyiségét.

A neutronaktiválásos analízis gondolatát Hevesy és Levi vetette fel 1936-ban. A módszer jelentősége az atomreaktorok alkalmazásával rohamosan növekedett. Az eljárás a kémiai analíziseknél nagyságrendekkel érzékenyebbnek bizonyult.

Az atomreaktor földtani alkalmazása nehézségekbe ütközik, mert csak a hosszabb felezési idejű radioaktív izotópok vizsgálatát teszi lehetővé. A földtani munkálatoknál a néhány perces felezési idejű izotópoknak nagy jelentőségük van, ezért az aktiválást és a mérést egy helyen, gyors egymásutánban kell végrehajtani. A tömeges mintamérések miatt a vizsgálatok elvégzése gyakran

terepi munkát tesz szükségessé. Ilyen célra Meinke és Anderson 1953-ban hordozható eszközt szerkesztett. Az alacsony neutronfluxus miatt – 100 neutron/cm<sup>2</sup>·sec – csak néhány rendkívül nagy neutronbefogási hatáskeresztmetszettel rendelkező elem (Rh, In, Sm, stb.) jöhetett figyelembe. Az ipari és terepmunkálatokra alkalmas hordozható aktiváló berendezésnek egyrészt nagyobb neutronfluxust, másrészt a termikus neutronokon kívül gyors neutronokat is kell biztosítania.

A kielégítő neutronfluxus biztosítására 1960-ban Lopovok dolgozott ki neutronmultiplikátort, melyet a földtani kutatásokban Lejpuszkaja (1960) alkalmazott eredményesen.

A neutronmultiplikátor vagy a jelenleg fejlesztés alatt álló neutrongenerátorok költséges berendezések, célfeladatok megoldására nem gazdaságosak.

Neutronaktiválások analízis szempontjából – az ipari igényeknek megfelelő pontossággal – egyszerű feladatot jelent a földtani minták alumíniumoxid és szilíciumdioxid mennyiségi meghatározása.

A technikai felszerelés egyszerűsítésével, a minták vegyi előkészítésének teljes kiküszöbölésével, az automatizálás és a grafikus kiértékelés lehetőségével és elsősorban a néhány perces átfutási idő megvalósításával érhattük csak el, hogy a bauxitkutatás részére hasznos, új nukleáris technikát dolgozhattunk ki.

### Az alumínium és szilíciummeghatározás technikai felszerelése

Az alumínium és szilícium neutronbesugárzásánál fellépő magfolyamatokat az I. táblázatban foglaltuk össze.

A szilícium aktiválása szempontjából a  $\text{Si}^{28}(n, 2n)\text{Si}^{27}$  reakció nem jön számításba, mert az alkalmazni kívánt zárt neutronforrás nagy energiájú

Alumínium és szilícium neutronaktiválási magfolyamatai

I. táblázat

Target	Izotóp- gyakoriság %	Neutron- energia MeV	Hatáske- resztmetszet moarn	Mag- folyamat	Aktív termék	Felezési idő T	Energia MeV	
							béta	gamma
Al <sup>27</sup>	100	termikus	212,0	(n,γ)	Al <sup>28</sup>	2,3 perc	2,80	1,78
Al <sup>27</sup>	100	1	0,4	(n,γ)	Al <sup>28</sup>			
Al <sup>27</sup>	100	2,1	2,8	(n,p)	Mg <sup>27</sup>	9,45 perc	1,75	0,83
							1,59	1,01
Al <sup>27</sup>	100	2,39	0,6	(n,α)	Na <sup>24</sup>	14,8 óra	1,39	1,37
								2,75
Si <sup>28</sup>	92,27	3,9	3,0	(n,p)	Al <sup>28</sup>			
Si <sup>28</sup>	92,27	15,7		(n,2n)	Si <sup>27</sup>	4,5 mp	3,60	0,50
Si <sup>29</sup>	4,68	3,9	2,7	(n,p)	Al <sup>29</sup>	6,7 perc	2,50	1,28
							1,60	2,43
Si <sup>30</sup>	3,05	termikus	120,0	(n,γ)	Si <sup>31</sup>	2,7 óra	1,48	1,26
Si <sup>30</sup>	3,05	1	1,1	(n,γ)	Si <sup>31</sup>			
Si <sup>30</sup>	3,05			(n,α)	Mg <sup>27</sup>			

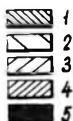
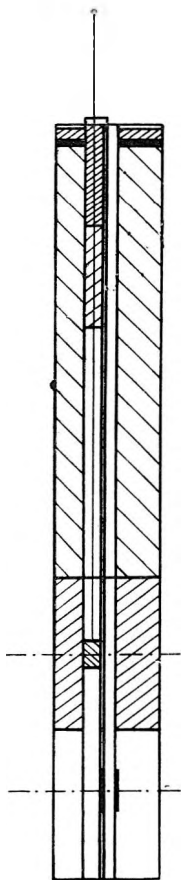
neutronokat nem bocsát ki. A  $\text{Si}^{31}$  aktív termék létrejöttével sem számolhatunk, mert felezési ideje a gyors analízis szempontjából nagy. Az alumínium analízisénél a  $\text{Na}^{24}$  ugyancsak a hosszú felezési idő miatt az aktív termékben nem halmozódik fel. Az aktiváló rendszer tervezésénél tehát csak a termikus neutronok hatására keletkező  $\text{Al}^{28}$  és  $\text{Mg}^{27}$  izotópokkal kell számolnunk.

Az aktiválásra Po-Be neutronforrás szolgáltat, amelynek energiaszintéje folytonos, az energiaszintkép intenzitásmaximuma 4,5 MeV-nél van, a maximális neutronenergia pedig 11 MeV. A Po-Be neutronforrás neutronintenzitása  $2 \cdot 10^6$  neutron/sec. C.

Az interferáló magfolyamatokat, továbbá az aktív termékek felezési idejét és sugárzását figyelembe véve, aktiválórendszerünket az alábbiak szerint valósítottuk meg:

Az aktiváló edény külső tokja egy alsó-felső végén zárt acél béléscső ( $\varnothing = 200$  mm,  $h = 1500$  mm) (1. ábra). A felső zárólapot áttöri a hossz tengely mentén elhelyezett aktiváló csatorna és a vele párhuzamosan futó három neutronforrástartó cső nyílása. Üzemen kívül a csőtorkolatokat lakattal zárható fedőlap takarja.

A rendszer sugárvédelmi kiképzését földbe-süllyesztett üzemeltetésre méreteztük. A belső tér hármas tagozódású. A felső 900 mm-es szakaszt betonnal töltöttük ki. A beton felett 0,5 mm vastagságú kadmium és 20 mm vastagságú ólomréteg növeli az árnyékolást. A középső, 300 mm-es, paraffinnal kitöltött térben fékeződnek a neutronok a termikus szintre. Lassú neutronokkal végrehajtott aktiválásnál tehát a források és a minta ennek a térnek a közepén, a felszíntől mérve 1050 mm-re helyezkednek el. Sugárvédelmi szempontból ez a kritikus helyzet, mert a be- és kiszereleéstől eltekintve, ebben a helyzetben éri a kezelőket a legnagyobb sugárhatás. A forrásokból a tartócsöveken végighaladó sugárnyalábok útját 400 mm-es dugó zárja el, melynek felét parafin, felét pedig ólom tölti ki. A dugóból csak a tömör sárgarézből készült szabályozó pálcák vezetnek a szabad térbe. Ezeknek a pálcáknak a segítségével süllyeszt-hetjük a sugárforrásokat az alsó, üres szakaszba, ahol a gyors neutronokkal aktiválunk. Az aktiváló csatorna alsó szakaszát 0,5 mm vastag kadmiumburkolat védi a lassú neutro-



1. ábra. Neutronaktiváló berendezés  
 Фиг. 1. Аппаратура для  
 нейтронной активации  
 Fig. 1. Apparatus for neutron-  
 activation



noktól. A szabályozó pálcák pontos beállítását rugós csappantyúk biztosítják. Ugyancsak rugós a források rögzítése is.

Ellenőrző mérések szerint a talajba sülyesztett 15 C Po-Be neutronforrással feltöltött aktiváló edény felszínén „gyors neutron” állásban  $36 \mu\text{r/h}$ , „lassú neutron” állásban  $200 \mu\text{r/h}$  a sugárzási dózis, tehát sugárvédelmi szempontból biztonságos.

Berendezésünknel a mintaanyagnak az aktiváló térbe juttatása nem pillanatszerű. Az egyén kezűgyességétől és reflexétől függ az időmérés pontossága. A rövid felezési idejű izotópok vizsgálata megköveteli az egyes időszakaszok nagy pontosságú mérését. Az időmérést tehát automatizálni kell. Tétélezzük fel, hogy  $\text{Al}^{28}$  izotópot vizsgálva ( $T_{1/2} = 2,3$  perc) az első perc mérési eredménye  $10\,000$  cpm, tehát a statisztikus fluktuációból származó hiba  $\pm 100$  cpm  $= \pm 1\%$ , ha a mérést az aktiválás befejezése után  $10$  mp-el szabályszerűen megkezdtük. Az exponenciális bomlás következtében a szabályszerű  $10$  mp áthelyezési idő alatt az aktivitás  $5\%$ -át veszítettük el. A veszteség  $11$  mp áthelyezési idő alatt  $6\%$ . Az időmérésben elkövetett  $\pm 1$  mp hiba tehát  $\pm 1\%$  aktivitási bizonytalanságot okoz, így a mérés hibája  $\pm 2\%$ -ra emelkedik. Ha viszont megelégszünk  $\pm 2\%$ -os mérési hibával és ugyanakkor az időmérés hibáját kiküszöböljük, akkor elegendő  $2500$  cpm aktivitási szintet biztosítani az első percre. Ez az aktivitási szint az alkalmazott neutronfluxus negyedével elérhető. Az időmérés automatizálása tehát rendkívül nagymértékű fluxusnyereséget jelent, így a befektetett költségek gyorsan amortizálódnak.

A minta kiemelését és a mérőrendszerbe juttatását gyakorlott kezelő  $5$  mp alatt elvégzi, tehát a mérés az aktiválás befejezése után  $10$  mp-el biztonságosan megkezdhető.

A termikus neutronfluxus hasznosítható szintje, amelyben a mérési határfok miatti veszteségeket is figyelembe vettük,  $10$  C Po-Be neutronforrás alkalmazásával  $5,55 \cdot 10^3$  neutron/cm<sup>2</sup>·sec. Az aktiváló csatornában a tényleges neutronfluxus feltételezhetően ennek kb. kétszerese.

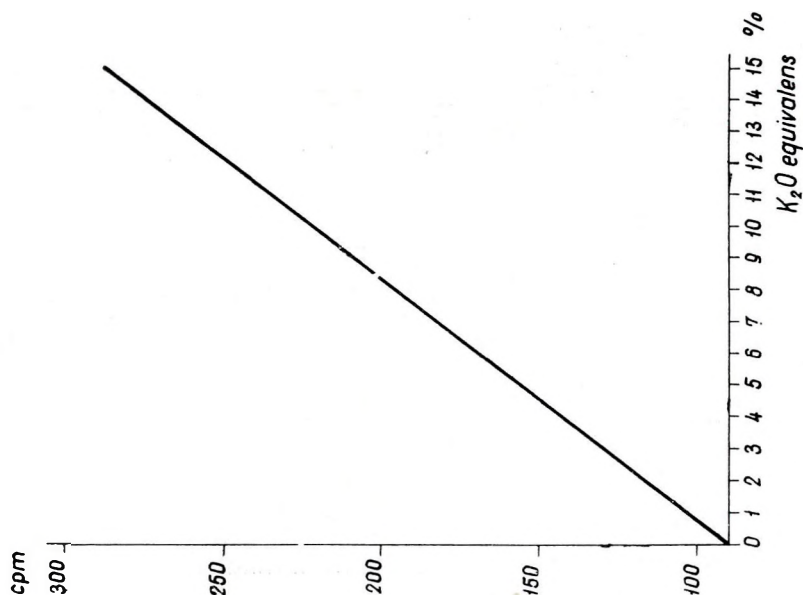
A mintaanyagot (porított kőzetet) műanyagtubusba zárva aktiváltuk. A műanyagtubust az aktiválással szemben közömbösnek találtuk. Kísérlet-sorozatokat végeztünk a minták súlyának és térfogatának hatásával kapcsolatban. A bétasugárzás mérésénél az abszorpciós viszonyok olyannak mutatkoztak, hogy a mérési eredményt a térfogat változása döntően, míg a súly (a térfogat kitöltése után tömörítéssel növelve)  $30$  g felett csak jelentéktelenül befolyásolja (2. ábra).

Az aktivált minták bomlási szintjét béta + gamma-aktivításra mértük,  $24$  mg/cm<sup>2</sup> falvastagságú alumínium GM-csővekből összeállított csőkoszorúval. A csőkoszorú  $2,5$  cm vastag, műanyaggal bélelt ólomtoronyban  $100$  cpm háttérértéket mutatott. Érzékenységét KCl és SiO<sub>2</sub> keverékével ellenőriztük (3. ábra). A mérésekhez egyszerű scalert alkalmaztunk.

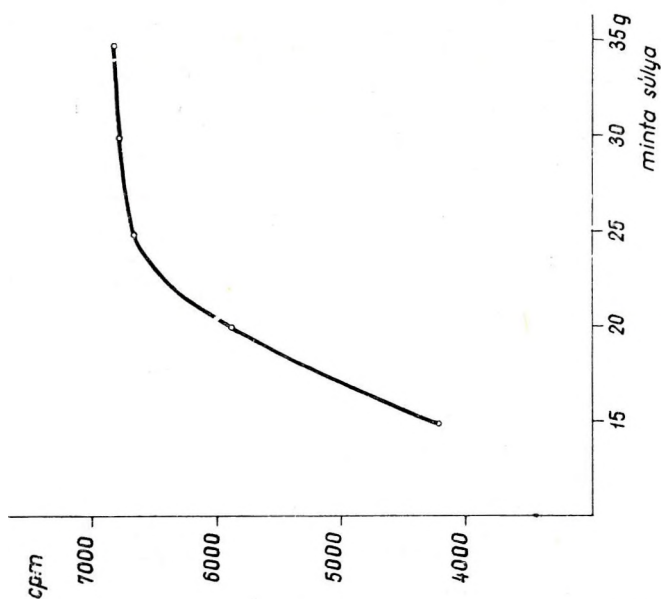
A feladatoknak megfelelően részletesen elemeztük a rendszer érzékenységét az alumínium- és szilíciumkoncentráció-változásra vonatkozóan.

A mérési eljárás érzékenységi határértékét a specifikus telítési aktivitás segítségével számszerűen meghatároztuk. A legkisebb alumínium-mennyiséget, amelyet a háttérsugárzás kétszeresének megfelelő intenzitással észleltünk,  $0,155$  g-nak találtuk, ez  $0,294$  g Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-nak felel meg. Mivel egy mintában





3. ábra. Mérésberendezés hitelesítése  
 Fig. 3. Эталонирование измерительной аппаратуры  
 Fig. 3. Calibration of the apparatus



2. ábra. Lassú neutronnal aktivált minta súlyának hatása  
 a bomlási szintre

Fig. 2. Влияние веса образца, активированного  
 медленными нейтронами, на интенсивность распада  
 Fig. 2. The effect of the weight of a sample activated  
 with slow neutrons upon the decay-level

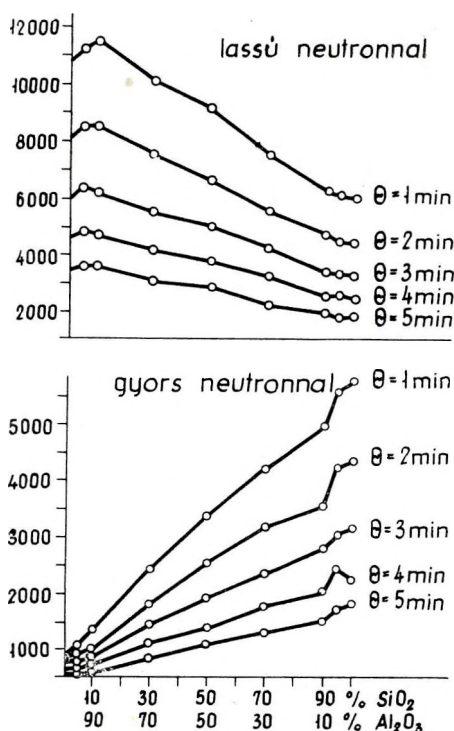
általában 30 g anyagot vizsgáltunk, a számítások szerint 1 súly%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -változást tudunk kimutatni.

A mesterséges keverékekkel nyert tapasztalati eredmények világosan mutatják (4. ábra), hogy a lassú neutronokkal kapott aktivitásszint az alumíniumtartalom függvényében emelkedik, míg a gyors neutronok aktiváló hatása a szilíciumtartalom szerint változik. A bomlás menete az idő függvényében mindkét esetben azonos, mert az aktív termék mindkettőnél főleg  $\text{Al}^{28}$ .

### A mérőrendszer hitelesítése

Az aktiváló és mérőrendszert vegyileg elemzett bauxitmintákkal sorozatosan hitelesítettük.

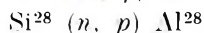
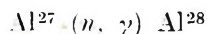
A befogási hatáskeresztmetszetek és természetes izotópgyakoriságok alapján a feladatot leegyszerűsíthetjük az



4. ábra. Mesterséges alumíniumoxid és szilíciumdioxid keverékek aktiválása

Фиг. 4. Активация искусственной смеси окиси алюминия и двуокиси кремния

Fig. 4. Activation of artificial  $\text{Al}_2\text{O}_3$  and  $\text{SiO}_2$



magreakciók vizsgálatára. Az első magátalakulás nagyobb valószínűséggel jön létre termikus neutronok, mint gyors neutronok hatására. A második átalakuláshoz 3,9 MeV-nél nagyobb energiájú neutronokra van szükség. A Po-Be neutronforrás energiaviszonyai miatt a lassú neutronok terében is előfordulnak olyan energiájú neutronok, amelyek alkalmasak a  $\text{Si}^{28}$  átalakítására. Ugyanígy a gyors térben is van termikus neutron, amely az  $\text{Al}^{27}$  izotópot alakítja át. Ennek megfelelően a lassú neutronaktiválással és a gyors neutronaktiválással nyert bomlási szint is arányos az  $\text{Al}_2\text{O}_3$ - és  $\text{SiO}_2$ -tartalommal, de különböző az arányossági tényező:

$$A = a \cdot x + b \cdot y$$

$$B = a \cdot u + b \cdot v$$

$A$  a lassú neutronaktiválással nyert bomlási szint, imp

$B$  a gyors neutronaktiválással nyert bomlási szint, imp

$a$   $\text{Al}_2\text{O}_3$  súly% a kémiai meghatározásból

$b$   $\text{SiO}_2$  súly% a kémiai meghatározásból

$x, y, u$  és  $v$  arányossági tényezők, az aktiváló és mérőrendszer paraméterei

Az egyenlet megoldása után kapjuk:

$$a = A \cdot \frac{v}{x \cdot v - y \cdot u} - B \cdot \frac{y}{x \cdot v - y \cdot u} = A \cdot K_v - B \cdot K_y$$

$$b = B \cdot \frac{x}{x \cdot v - y \cdot u} - A \cdot \frac{u}{x \cdot v - y \cdot u} = B \cdot K_x - A \cdot K_u$$

Az országos bauxitkataszter 10 mintájának aktiválása és a mérési eredmények kiegyenlítése útján nyert hitelesítési egyenlet:

$$a' = A \cdot K_v - B \cdot K_y = 0,0031235 \cdot A - 0,0054500 \cdot B$$

$$b' = B \cdot K_x - A \cdot K_u = 0,0065453 \cdot B - 0,0007388 \cdot A$$

$a'$  =  $\text{Al}_2\text{O}_3$  súly% aktiválósos meghatározásból

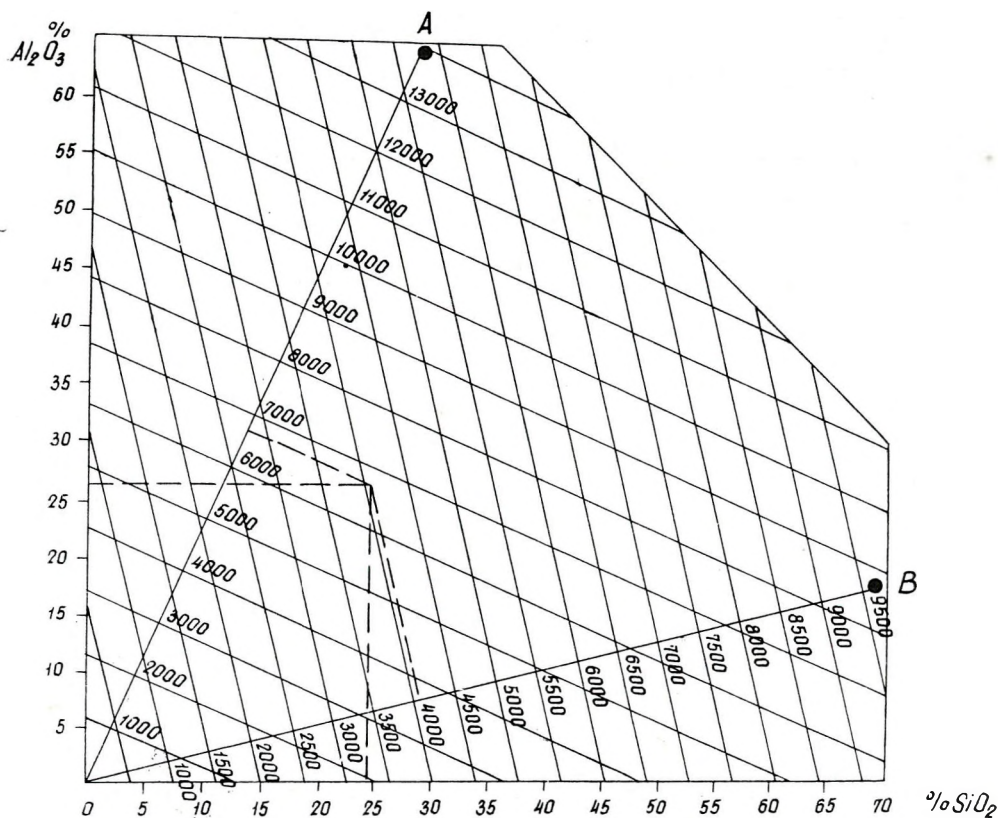
$b'$  =  $\text{SiO}_2$  súly% aktiválósos meghatározásból

A berendezés  $\text{Al}_2\text{O}_3\%$ -ra és  $\text{SiO}_2\%$ -ra vonatkozó hitelesítési egyenlete természetesen csak addig érvényes, amíg a mérési módszer és mérési rendszer változatlan.

Gyakorlati tömeges méréseknél a kiértékelés megkönnyítése érdekében görbeseregés (5. ábra), vagy pontsoros nomogramokat (6. ábra) szerkeszthetünk.

### Bauxitminták aktivációs analízise a gyakorlatban

A mérési eljárást 300 db bauxitminta analízisével ellenőriztük. A vizsgálat folyamán mérőrendszerünk, az ismertetett aktiváló berendezésből, ólomárnyékolású béta-GM-csőkoszorúkból és EMG 1872. típ. scalerekből állott. A neutronforrástartók egyszerű átalakításával biztosítottuk, hogy mind a gyors, mind pedig a lassú neutronaktiválás terében neutronforrás legyen, így egyidejűleg két-két minta aktiválását végezhetjük el. A gyors neutronterben 9,1 C, a lassú térben pedig 8,1 C Po-Be neutronforrást helyeztünk el. A méréseket a közös időkapcsolásban üzemeltetett scalerekkel végeztük. Az aktiválási időt 4,6 percben állapítottuk meg, a várakozási idő – amely alatt a mintát az aktiváló berendezésből a mérőedénybe szállítottuk át – a rossz terepviszonyoknak és a nagyobb távolságoknak megfelelően, 0,4 perc volt. A mérést



5. ábra. Görbesereges kiértékelő nomogram

Фиг. 5. Номограмма семейства кривых для интерпретации

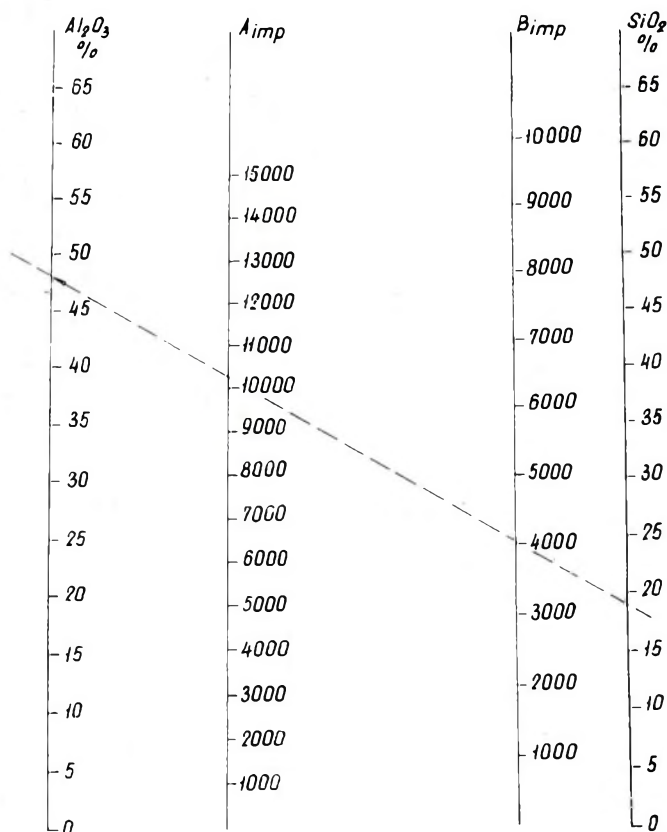
Fig. 5. Nomogram of curve-set for the interpretation

az aktiválás befejezésétől számítva 0,4–5,4 percig végeztük egyszerű impulzuszámlálással. A 300 db kőzetmintát a furómagok raktári készletéből a Bauxitkutató Vállalat választotta ki.

A vizsgálati anyag nyolc területet és 63 fúrást képvisel. A mintaanyag kémiai elemzéseit a Bauxitkutató Vállalat az aktiválós analízis befejezése után bocsátotta rendelkezésünkre. Megállapítható, hogy a mintákban az

$\text{Al}_2\text{O}_3$	.....	7–69%
$\text{SiO}_2$	.....	0–68%
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	.....	4–31%
$\text{TiO}_2$	.....	0–4%
Izz. vesz.	.....	6–24%

között változott



6. ábra. Pontsoros kiértékelő nomogram

Фиг. 6. Номограмма рядов точек для интерпретации

Fig. 6. Nomogram of plot for the interpretation



A darabos, légszáraz kőzetmintákat egyszerű zúzás után töltöttük a műanyag mintatartóba. A porítás mértékének meghatározására semmiféle ellenőrzést, szítalást nem alkalmaztunk. A minták gyakran nagyobb kőzetdarabokból kerültek ki, így nincs biztosíték arra, hogy a vegyelemzett anyaggal azonos kémiai összetételű anyagot analizáltunk. Két alkalommal ellenőriztük – új mintavétellel – a rendelkezésre álló kőzetanyag homogenitását.  $\text{Al}_2\text{O}_3\%$  szempontjából 1,8%, ill. 3,1%, míg  $\text{SiO}_2\%$  szempontjából 1,2%, ill. 1,9% volt a két külön-külön megmintázott anyag mérési eredményeinek eltérése. Ez az ellenőrzés a mintaanyag kielégítő homogenitására utal.

A minták méreteit a mintatartó műanyagtubus szabta meg. A súlymérést mellőztük, mert ellenőrző vizsgálatok megmutatták, hogy a súly szerepe lényegtelen.

Dittler 1931. évi, Méhes és Csókás 1951. évi közléséből tudjuk, hogy a hazai bauxitok jelentős mennyiségű radioaktív anyagot tartalmaznak. A 40 g-os minták aktivitási szintje mérőrendszerünkben a háttérérték levonása nélkül, 200 cpm-mel jelentkezik. Ha az aktivitási szintet legalább 1% pontossággal kívánjuk meghatározni, akkor mintánként 50 perces méréseket kell végezni. Ezt a gyors analízisnél el kell kerülnünk. 100 db minta természetes aktivitását határoztuk meg és megállapítottuk, hogy a közepes háttérérték és a természetes aktivitás együttes értékétől az egyes minták szélső esetben  $\pm 60$  cpm-mel térnek el. A természetes aktivitásértékek gyakorisági eloszlása nem mutat Gauss-eloszlást. Korábbi vizsgálatok azt is kimutatták, hogy a természetes aktivitás változik egy telepen belül és függ a telep földrajzi helyzetétől is. Nem remélhető tehát, hogy lelőhelyenként, vagy más terület egységeként nagyobb pontossággal lehet meghatározni egy általánosan alkalmazható aktivitási értéket. Tudatában vagyunk, hogy a 100 db minta aktivitási értékéből képzett középérték csak durván jellemzi a vizsgált kőzetminták természetes aktivitását, gazdasági szempontok miatt mégis elhanyagoltuk, az egyedi természetes aktivitás-meghatározást. Az így alkalmazott megközelítés szélső esetben  $\text{Al}_2\text{O}_3\%$ -nál, 1,5%,  $\text{SiO}_2\%$ -nál pedig 3,0% eltérést okozhat.

Az aktivált minták bomlási szintje 5 perces észlelés alatt lassú neutronokkal történő aktiválásnál 10 000 impulzus, gyors neutronokkal történő aktiválásnál 4500 impulzus átlagértéket mutatott. A számlált impulzusok statisztikus fluktuációból származó hibája  $\pm 20$ , ill.  $\pm 13$  impulzus, amely az egyéb hibák halmozódása miatt elhanyagolható.

Az aktiválási analízis és a vegyi elemzés különbségeként értelmezett eltérések szórásvizsgálatát elvégeztük. A vizsgálat eredményeként megállapítható, hogy 300 db minta eltéréseinek középértéke:

$\text{Al}_2\text{O}_3\%$ -nál .....	+ 1,31 $\pm$ 3,17%
$\text{SiO}_2\%$ -nál .....	- 0,39 $\pm$ 3,73%

A laboratóriumi vizsgálatok kiegyenlítésénél 10 db minta átlagában az eltérés  $\text{Al}_2\text{O}_3\%$ -nál  $\pm 0,8$ ,  $\text{SiO}_2\%$ -nál  $\pm 0,4$  súly% volt. A gyakorlati vizsgálat 300 db mintájánál az  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -ra vonatkozó eltérés tehát 0,5%-kal nagyobb volt, mint a laboratóriumi kísérlethől várható lett volna, a  $\text{SiO}_2$  eltérése viszont megfelelt a várakozásnak.



Az eltérések — az elmondottak értelmében — a minta technikai előkészítésére (szemcsézettség és súlykülönbség), mintavételezési inhomogenitásra, természetes aktivitásbeli különbségekre, időmérési pontatlanságra, mérőműszer elektronikus zavaraira, statisztikus fluktuációs hibákra és az aktiváló rendszerben fellépő geometriai bizonytalanságokra vezethetők vissza. Igyekeztünk megbecsülni az egyes részlethibákat, de irreálisan nagy értéket kaptunk. A módszer megbízhatóságát ezért reprodukálás útján határoztuk meg.

Megismételt analízist végeztünk 217 esetben. A reprodukált értékek eltérése az első mérési értéktől Gauss-eloszlást mutat. A Gauss-eloszlásnál az egyszeres szórás határain belül esik a minták 68,3%-a, kétszeres szórás határain belül 95,4%-a és háromszoros szórás határain belül 99,7%-a. Gazdasági megfontolások alapján  $\pm 2\%$ -nak választottuk a szórást. Ebben az esetben a tapasztalati úton végrehajtott reprodukálásvizsgálatunk eloszlási adatai a következők (II. táblázat):

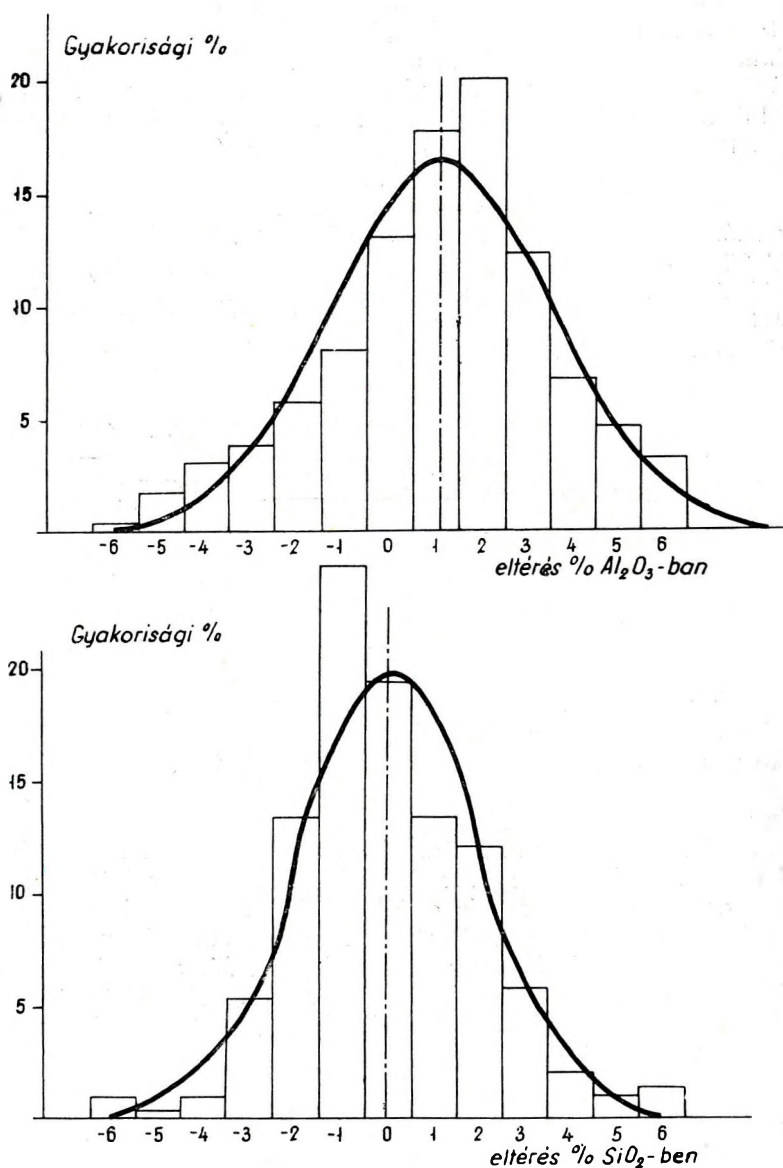
II. táblázat

Szórási határok	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Elméletileg megkövetelt
	vizsgálatnál		
± 2%-on belül	181 db	177 db	148 db
± 4%-on belül	214 db	213 db	206 db
± 6%-on belül	216 db	217 db	216 db

A reprodukációs vizsgálat szerint tehát megkövetelhető, hogy az aktiválós analízis és a vegyi elemzés eltéréseinek gyakorisági eloszlásában mutatkozó szórásérték se legyen  $2\%$ -nál magasabb. Mindazokat a mintákat, amelyek az így meghatározott szórás háromszoros határain túl estek, selejtnek minősítettük és részletesebb vizsgálat alá vettük. Így selejtnek minősült a 300 db mintából 17 db, részben az alumíniumtartalom, részben a szilíciumtartalom, négy mintánál pedig mindkét meghatározás eltérése miatt. A selejtnek minősített mintákat ellenőrző vegyi elemzés céljából, részletesebb tájékoztatás nélkül, átadtuk a Magyar Állami Földtani Intézet Vegyészeti Osztályának. Az ellenőrző vegyi vizsgálat teljes mértékben igazolta az aktiválós analízis helyességét. Az eltérések gyakorisági eloszlása — az ellenőrző vegyvizsgálat adatainak elfogadása után — jól megközelíti a Gauss-eloszlást (a  $\pm 2\%$ -os szórás megkövetelésével) (7. ábra), III. táblázat.

III. táblázat

Szórási határok	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Elméletileg megkövetelt
	vizsgálatnál		
$\pm 2\%$ -on belül	193 db	247 db	205 db
$\pm 4\%$ -on belül	270 db	289 db	286 db
$\pm 6\%$ -on belül	300 db	300 db	299 db



7. ábra. Aktiválós analízis és vegyi elemzés eltéréseinek gyakorisági eloszlása

Фиг. 7. Распределение повторяемости отклонений результатов активационного анализа от результатов химического анализа.

Fig. 7. Frequency distribution of the differences of the activation and chemical analysis

Az ellenőrző vegyvizsgálat alapján történt korrigálás után az eltérések középértéke és szórása

$\text{Al}_2\text{O}_3\%$ -nál .....	$+ 1,12 \pm 2,43\%$
$\text{SiO}_2\%$ -nál .....	$- 0,03 \pm 2,01\%$

Meg kell jegyeznünk, hogy az ellenőrző vegyvizsgálatra magát az aktiválásos analízisnél felhasznált mintát adtuk át.

Ezek az eredmények bizonyítják, hogy az aktiválásos analízis ismertetett gyors eljárása gyakorlatilag egyenértékű a klasszikus vegyi elemzéssel akkor is, ha a gyorsaság érdekében a hibaforrások befolyását nem küszöböljük ki.

#### IRODALOM

- Hevesy-Levi* : 1936. Kgl. Danske Vedenskab. Selskab. Matfys. Medd. 14. 5.  
*Dittler* : 1931. Berg u. Hüttenm. Jahrb. 78.  
*Meinke-Anderson* : 1943. Anal. Chem. 25. 778.  
*Méhes-Csókás* : 1951. Magy. Tud. Akad. Műsz. Oszt. Közl. II. 2. p. 271 – 274.  
*Lopovok* : 1960. Jadernaja Geofizika 174 – 180.  
*Lejpuszskaja* : 1960. Jadernaja Geofizika 162 – 173.

TATÁR ЯНОШ

## О ПРИМЕНЕНИИ МЕТОДОВ ЯДЕРНОЙ ГЕОФИЗИКИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАЧЕСТВА БУРЫХ КАМЕННЫХ УГЛЕЙ

В основе работ по проектированию разработки месторождений лежит оценка запасов, осуществляемая по результатам разведочного бурения. Исследование скважин методами ядерной геофизики позволяет получить сведения для оценки запасов не только о количестве, но и о качестве углей. По результатам таких исследований, кроме определения экономических параметров каменных углей и технических характеристик золы можно судить и о свойствах, важных для разведки угольных залежей.

Описываемый в настоящей работе весьма простой вариант анализа активации нейтронами, как показывают приводимые здесь зависимости, является важным средством лабораторий по определению качества каменных углей.

J. TATÁR

## THE APPLICATION OF NUCLEAR GEOPHYSICS TO DETERMINE THE QUALITY OF COALS

In order to support reserve-estimation nuclear well-loggings supply exact figures for both quantity and quality of penetrated coal-beds; further, technical characteristics for the ashes and conclusions essential in coal-prospecting are offered. It is proved, that the discussed simple form of the neutron activation analysis is a useful procedure in coal-laboratories.

## NUKLEÁRIS GEOFIZIKA ALKALMAZÁSA BARNAKŐSZENEK MINŐSÉGÉNEK MEGHATÁROZÁSÁRA

TATÁR JÁNOS

### Bevezetés

Tüzeléstechnikai szempontból a barnakőszenek alapvető minőségjellemzője a fűtőérték, a nedvesség- és hamutartalom, továbbá a hamu olvadáspontja és viszkozitása.

A nukleáris mélyfúrási geofizikai módszerek ezeket a jellemzőket közvetlenül nem adják meg. A természetes aktivitás az urán- és tóriumtartalom mellett elsősorban a  $K^{40}$  függvénye és így az agyagosság mértékét jelzi. A gamma-gamma szelvényezés a vizsgált rétegek térfogatsúlyáról, míg a neutron-gamma szelvényezés a hidrogéntartalomról ad tájékoztatást. A lassú neutronnal indukált aktivitás az alumíniumtartalommal, a gyors neutronnal indukált aktivi-

A készletbecslés megalapozása és a mélyfúrási munkák helyes tervezése érdekében meg kell határoznunk a felsorolt minőségjellemzők és a mérhető fizikai paraméterek kapcsolatát, az átszámítási egyenleteket és a számított értékek megbízhatóságát. Ezek alapján értékelhetjük az egyes nukleáris karot-tázmódszereket és kijelölhetjük ezek műszaki fejlesztésének irányait.

A kapcsolatok meghatározására vonatkozó vizsgálatainkat a tatabányai eocénkorú barnaköszén-medence széntelepes rétegsorának kőzetein indítottuk meg. Az üzemi laboratórium napi vizsgálati anyagából emeltünk ki 100 db mintát. A kiemelés taláalomra történt. Ez biztosítja, hogy a mérőszámokat csak a véletlentől függő, valószínűségi változóknak tekintsük és következtetéseinket a medence egészére nézve általános érvényűnek fogadjuk el.

### Laboratóriumi vizsgálatok

A tatabányai széntelepes rétegsor 100 db kőzetmintájának minőségjellemző adatait az üzem laboratóriuma a szokásos módon határozta meg. A rendelkezésünkre bocsátott minták légszáraz állapotban voltak, így a neutron-gamma szelvényezés mérési adatát, az összes hidrogéntartalmat, a laboratórium által megállapított nedvesség és szerves anyag hidrogéntartalmából számítottuk. A gamma-gamma szelvényezéstől várt térfogatsúlyértékeket az üzemi elemzésekből vettük át. Kiegészítettük ezeket az adatokat a minták természetes aktivitása meghatározásával, továbbá az  $\text{Al}_2\text{O}_3$  és a  $\text{SiO}_2$  súlyszázaléknak az indukált aktivitásból számított értékével.

Az átlagosan 24 g-nyi porított mintaanyagot aktiválás szempontjából közömbös műanyagtubusba töltöttük. Az aktivitás mérésre a házilag kidolgozott  $20 \text{ mg/cm}^2$  falvastagságú alumínium számlálócsőből készített csőkoszorú szolgált, egyszerű laboratóriumi scalerhez kapcsolva.

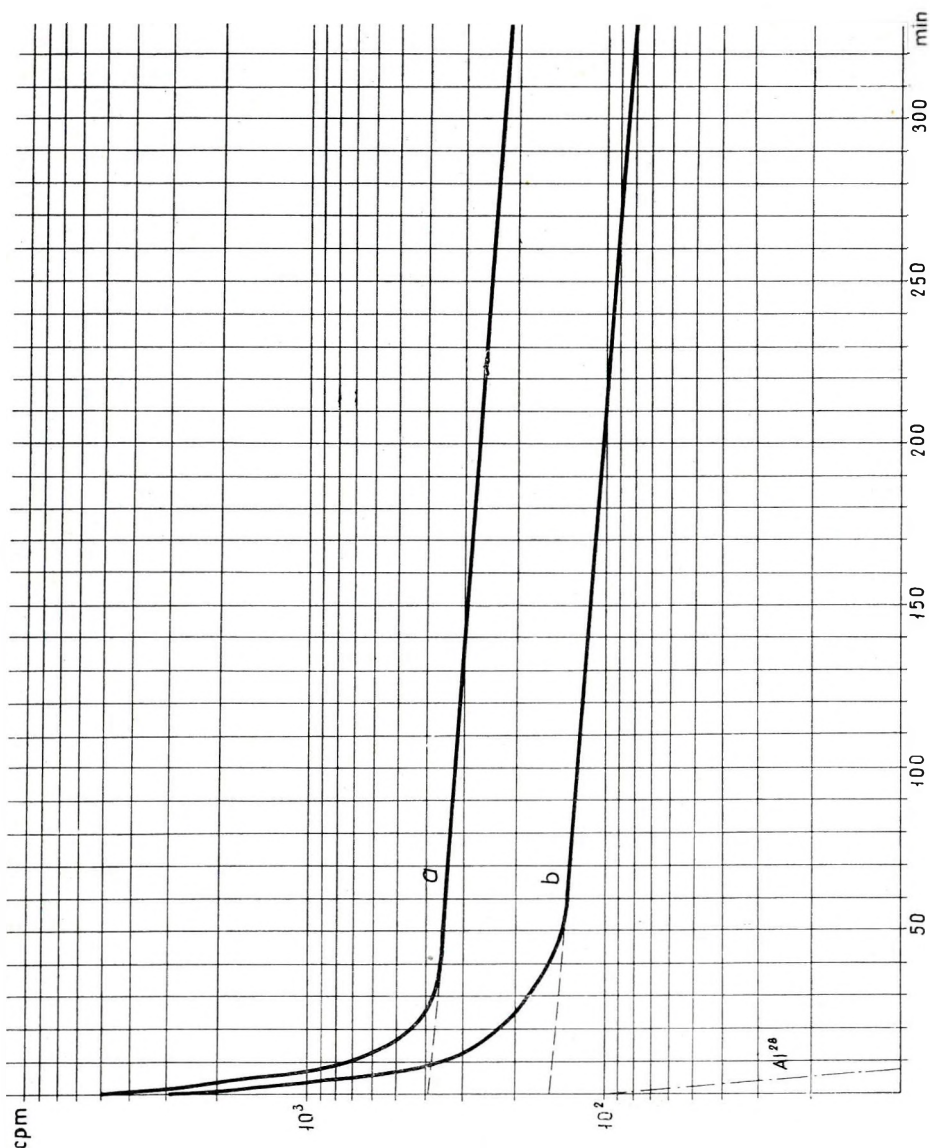
A lassú és a gyors neutronokkal indukált aktivitás meghatározására a bauxitok gyors analizisére kidolgozott felszerelést és módszert használtuk fel (Tatár, 1964). Zárt neutronforrással működő aktiváló rendszerünkben, a lassú neutronok parafinnal kitöltött terében  $6,2 \text{ C}$ , a gyors neutronok kadmiummal ellátott terében pedig  $5,8 \text{ C}$  erősségű Po-Be neutronforrás volt a vizsgálat idején. Az aktiválást mindkét térben  $4,6$  percig végeztük, majd  $0,4$  perc várakozás után  $5$  perces méréssel határoztuk meg az indukált aktivitást (hitelesítés: vegyelemzett „etalon” kőszénmintákkal). Az így számított értékek és a kémiai-lag meghatározott értékek különbségét az I. táblázat mutatja.

I. táblázat

A kémiai elemzések és az aktiválós analízis eredményeinek összehasonlítása

Minta száma	Kémiai elemzés		Aktiválós analízis		Elterés	
	$\text{Al}_2\text{O}_3\%$	$\text{SiO}_2\%$	$\text{Al}_2\text{O}_3\%$	$\text{SiO}_2\%$	$\text{Al}_2\text{O}_3\%$	$\text{SiO}_2\%$
113	10,65	14,86	12,02	14,66	+ 1,37	- 0,20
115	11,02	15,14	9,79	15,13	- 1,23	- 0,01
116	11,54	19,93	11,87	19,44	+ 0,33	- 0,49
118	13,21	22,21	12,66	22,43	- 0,55	+ 0,22
119	12,81	20,62	12,99	21,00	+ 0,18	+ 0,38
					+ 1,88	+ 0,60
					- 1,78	- 0,70
					+ 0,10	- 0,10





1. ábra. Magas hamutartalmú mintájának teljes lebomlási görbéje ( $a$  = lassú neutronnal indukált aktivitás,  $b$  = gyors neutronnal indukált aktivitás)

Фиг. 1. Кривая полного распада для образца с высоким содержанием золы ( $a$  — активность, вызванная медленными нейтронами;  $b$  — активность, вызванная быстрыми нейтронами)

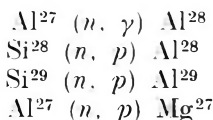
Fig. 1. Total decay curve of a sample of high ash-content ( $a$ ) = slow-neutron induced activity; ( $b$ ) = fast-neutron induced activity



A kőszenek nagy neutronbefogási hatáskereszt mészszettel rendelkező elemekből is (Mn, V, Na, Cu, Ga, As, Zn, Ge, Be, P) tartalmazhatnak kisebb, de aktiválás szempontjából esetleg szerepet játszó mennyiséget. Ezért a sorozatmérések előtt energiaméréssel és felezési idő meghatározással vizsgáltuk a nagy hamutartalmú mintákat. A gamma energiaspektrum vizsgálata az  $\text{Al}^{28}$  izotópra jellemző gammaenergiától eltérő fotocsúcsot nem eredményezett. A nagy hamutartalmú minták egy órával a 19 órás aktiválás befejezése után, 6–7 óra felezési időt mutattak (1. ábra). A hosszú felezési idejű elemet az alacsony intenzitású szint miatt egyértelműen nem határozhatjuk meg, de rövid aktiválási idő mellett ez nem is okozhat mérésinkben zavart. Feltehetően a  $\text{Fe}^{56} (n, p) \text{Mn}^{56}$  ill. a  $\text{Na}^{23} (n, \gamma) \text{Na}^{24}$  és a  $\text{K}^{41} (n, \gamma) \text{K}^{42}$  reakciók eredményezik a hosszú felezési időt.

A hosszú felezési idejű komponenssel redukált lebomlási görbén (2. ábra) 0–6,7 perc között 2,3 perces felezési időt figyelhetünk meg. Ez megfelel az  $\text{Al}^{28}$ -nak. A huszadik perctől kezdve a lassú neutronokkal indukált aktivitás 7 perces, a gyors neutronokkal indukált aktivitás pedig 10 perces felezési időt mutat, amely az  $\text{Al}^{29}$ , ill. a  $\text{Mg}^{27}$  izotóppal hozható kapcsolatba.

A minták hosszú idejű aktiválásával végzett elemzésekből megállapítható, hogy rövid aktiválási és rövid mérési időnél csak az alábbi magfolyamatok juthatnak szerephez:

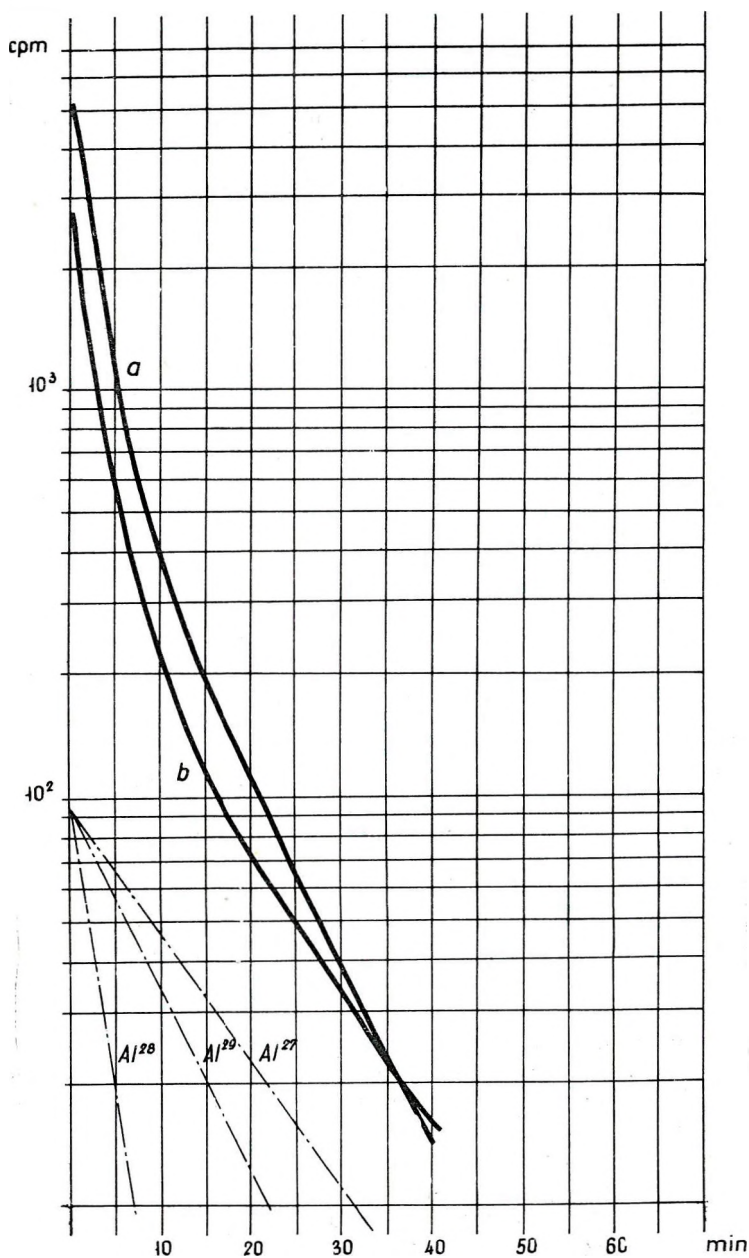


A választott aktiválási és mérési idő mellett a tatabányai kőszenes rétegsor mintáinál is csak az alumínium és szilícium aktiválódásával kell számolnunk.

Berendezésünkben egy lassú neutronokban gazdag és másrészt egy lassú neutronoktól gyakorlatilag mentes térben aktiváljuk a mintát. Technikailag nincs mód arra, hogy a lassú neutronokból a gyors neutronokat teljesen kizárjuk. A különböző energiájú neutronokkal végzett aktiválásnál egyik alkalommal Si + Al, másik alkalommal pedig csak a Si aktiválódik. A kétféle indukált aktivitásból számítás útján vezetjük le az  $\text{Al}_2\text{O}_3\%$  és a  $\text{SiO}_2\%$  értékeket. Amikor tehát a neutronaktiválást, mint lyukszelvényező eljárást mérlegeljük, a nyers indukált aktivitási szinteket kell tekintetbe vennünk.

## KORRELÁCIÓ A MINŐSÉGI JELLEMZŐK ÉS A NUKLEÁRIS PARAMÉTEREK KÖZÖTT

A korrelációs számítások segítségével elsősorban azt kellett bizonyítani, hogy a kőszén minőségi jellemzői szoros kapcsolatban vannak és egyik adat a másiktól számítás útján meghatározható. További feladat a minőségi jellemzők és a nukleáris paraméterek kapcsolatának vizsgálata. Végül rá kell mutatnunk a hamujellemzés lehetőségeire az aktiválások analízissel meghatározott szilíciumdioxid és alumíniumoxid tartalom ismeretében.



2. ábra. Magas hamutartalmú minta redukált lebomlási görbéje ( $a$  = lassú neutronnal indukált aktivitás,  $b$  = gyors neutronnal indukált aktivitás)

Фиг. 2. Приведенная кривая распада для образца с высокой зольностью ( $a$  – активность, вызванная за медленными нейтронами;  $b$  – активность, вызванная быстрыми нейтронами)

2. Reduced decay curve of a sample of high ash-content

( $a$ ) = slow-neutron induced activity; ( $b$ ) = fast-neutron induced activity

### Hamuszázalék, fűtőérték és nedvességtartalom kapcsolatának vizsgálata

Vizsgált kőszénmintáink minőségjellemzőit a II. táblázat mutatja. A mintasorozatban a barnakőszéntől az agyagpaláig minden minőség előfordul, de a minták zöme az agyagos kőszének, ill. az égőpalák tartományából származik. A korrelációs számítás eredményeit a III. táblázat foglalja össze.

II. táblázat

A vizsgálat alá vett mintasorozat minőségi jellemzői

Jellemzők	Hamutartalom %	Fűtőérték kcal/kg	Nedvesség %
Középérték .....	36,47	3155,24	12,06
Szórás .....	$\pm 19,66$	$\pm 1388,60$	$\pm 3,06$
Alsó értékhatár .....	6,70	137	4,50
Felső értékhatár .....	84,30	5376	19,62

III. táblázat

Minőségi jellemzők korrelációja

	Korrelációs együttható	Regressziós egyenesek	
		egyenletei	közbezárt szöge
A hamuszázalék (A) és a fűtőérték (B) között .....	- 0,9894	$A = -0,014B + 80,64$ $B = -69,60A + 5693$	0,1°
A hamuszázalék (A) és a nedvesség (F) között .....	- 0,8390	$A = -5,39F + 101,48$ $F = -0,130A + 16,83$	3,1°
A fűtőérték (B) és a nedvesség (F) között .....	0,7777	$B = 352,9F - 1100,9$ $F = 0,00168B + 6,75$	0,1°

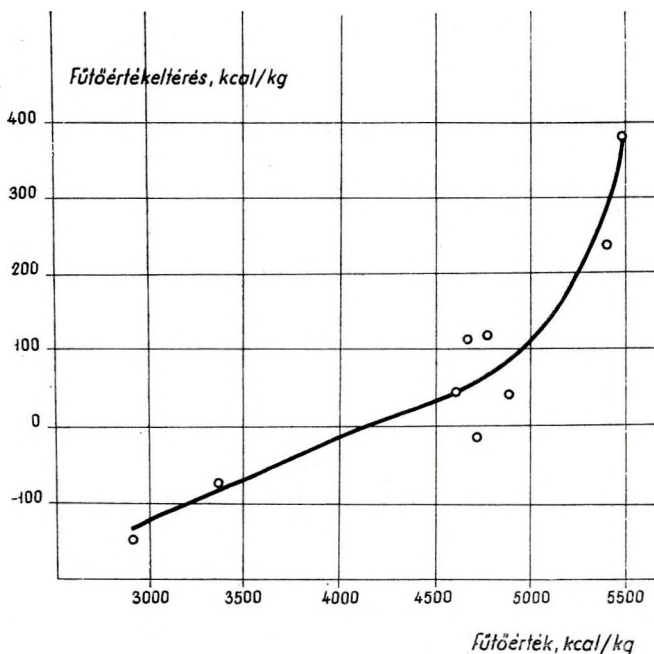
A fűtőérték és hamuszázalék között szigorú lineáris kapcsolatot mutatunk ki. A negatív korreláció fordított arányosságra utal. A koordináta tengelyek és a regressziós egyenesek által bezárt szögek összege közel 90°, az egyenesek gyakorlatilag fedik egymást, ami szintén a kapcsolat szorosságát jelzi. A fűtőérték kapcsolata a nedvességgel lazább, mint a hamuszázalékkal. Átszámítási függvénykapcsolatként a regressziós egyenesek egyenletét fogadjuk el. Eljárásunk ellenőrzésére a IV. táblázatban bemutatjuk a tatabányai elemzések (Berényi-Gál, 1953. alapján a hamuszázalékból számított fűtőérték és a klasszikus úton meghatározott fűtőérték kapcsolatát).

Az eltérések nem jelentősek, de a fűtőérték függvényében folyamatos növekedést mutatnak (3. ábra). Ez a kapcsolat nem szigorúan lineáris jellegére utal. Más szerzők a hamuszázalék és fűtőérték között lineáris kapcsolatot találtak (Gál-Kenyeres 1961. Káplár 1962).

## IV. táblázat

A hamutartalomból számított fűtőérték

Sz.	Mért adatok		Számított fűtőérték			Eltérés
	Hamu %	Fűtőérték	1.	2.	átlag	
			egyenletről			
59	12,4	4884	4831	4874	4852	+ 32
60	16,4	4682	4552	4589	4570	+ 112
61	16,3	4625	4559	4596	4578	+ 47
62	14,2	4707	4705	4746	4726	- 19
63	15,4	4760	4622	4660	4641	+ 119
64	32,4	3371	3439	3446	3443	- 72
65	37,6	2933	3077	3074	3076	- 143
66	8,6	5353	5095	5146	5120	+ 233
67	9,0	5465	5067	5117	5092	+ 373
középtérték		4531				+ 916
		kcal/kg				- 234
						+ 682 : 9 = + 76



3. ábra. Fűtőérték észlelt és számított adatainak eltérése az észlelt érték függvényében  
 Фиг. 3. Отклонения наблюдаемых и расчетных величин теплотворной способности в функции наблюдаемых величин.  
 Fig. 3. Difference of recorded and computed c.p. values in the function of the recorded one

A szén minőségi jellemzői a tatabányai medence kőszenes rétegsorának közeténél a megadott egyenletekkel tehát egymásból kiszámíthatók. A gyakorlat számára így elegendő a mért fizikai paraméterből egyetlen jellemző értéket levezetni, a másik két érték ebből kiszámítható.

Elvben elképzelhető az a szélsőséges eset, hogy a vizsgált kőzet 0% vagy 100% hamut tartalmaz. A hamumentes kőszén fűtőértéke a tatabányai medencében – a számítások szerint – 5693 kcal/kg, nedvessége 16,83%, térfogatsúlya 1,18 g/cm<sup>3</sup>, összes hidrogéntartalma 6,44%. 100%-os hamutartalmú kőzetnél a térfogatsúly 2,53 g/cm<sup>3</sup>, a nedvesség pedig 3,78%, az összes hidrogén 0,23%.

Szádeczky (1947) a tatabányai barnakőszén hamutartalom-nedvesség összefüggését aknánként vizsgálva rámutat arra, hogy a 0% hamutartalmú „ideális” tiszta kőszén nedvességtartalma a szénülés mértékének tekinthető. A 100%-os hamutartalmú kőzet nedvességéből viszont a hamut adó elegyrészekre következtet.

### A természetes radioaktivitás vizsgálata

Ismeretes, hogy a kőszének általában inaktívnak tekinthetők. A tatabányai medence kőszenei azonban, a Dunától többi kőszeneihez hasonlóan – genetikai körülményeiknek megfelelően – több-kevesebb radioaktív elemet kötöttek meg. Mintaanyagunk a 108 cpm, ill. 144 cpm háttérsugárzás felett, átlagosan 55 cpm természetes aktivitást mutat. A természetes aktivitás változása a kőszén minőségével nem függ össze. A hamutartalomra, a nedvességre és a fűtőértékre számított korrelációs együttható kisebb, mint 0,2.

Kiszámítható, hogy a hamutartalom a természetes aktivitás növekedésével bizonyosfokú növekedést mutat, a fűtőérték pedig csökkenést. Ezt a látszólagos kapcsolatot azonban csupán néhány közepes hamutartalmú – tehát főleg égőpalának minősíthető – magasabb aktivitású minta okozza.

A kis darabszám miatt a nagyobb aktivitású mintákból messzebbmenő – esetleg genetikai – következtetéseket levonni nem tudunk. A háttérsugárzás kétszeresének megfelelő aktivitású minták mind egy akna területéről származnak.

### Vizsgálat a térfogatsúly és a szén minőségi jellemzők közötti kapcsolatra

A gammasugár – szóródás elvét felhasználó úgynevezett gamma-gamma lyukszelvényezés segítségével a mélyfúrásban harántolt rétegsorok térfogatsúlyát  $\pm 0,03$  g/cm<sup>3</sup> pontossággal határozhatjuk meg (Campbell Wilson, 1958). Mások e meghatározás hibáját  $\pm 0,01 - \pm 0,05$  g/cm<sup>3</sup>-re becsülik.

Mintasorozatunkban a térfogatsúly 1,32 g/cm<sup>3</sup> és 2,38 g/cm<sup>3</sup> között változott. A középérték 1,76 g/cm<sup>3</sup>, a szórás  $\pm 0,306$  g/cm<sup>3</sup>.

A térfogatsúly és a szén minőségi jellemzői között korrelációs számítással megállapított kapcsolatokat az V. táblázatban foglaltuk össze.



V. táblázat

A térfogatsúly és a minőségi jellemzők korrelációja

	Korrelációs együttható	Regressziós egyenesek	
		egyenletei	közbezárt szöge
A térfogatsúly ( $H$ ) és a fűtőérték ( $B$ ) között .....	- 0,9753	$H = -0,00019B + 2,28$ $B = 5054,7H + 11639,9$	$0,1^\circ$
A térfogatsúly ( $H$ ) és a hamuszázalék ( $A$ ) között .....	0,9866	$H = 0,01349A + 1,18$ $A = 72,125H - 84,13$	$0,1^\circ$
A térfogatsúly ( $H$ ) és a nedvesség ( $F$ ) között .....	- 0,8037	$H = -0,07807F + 2,61$ $F = -8,2733H + 25,38$	$12,3^\circ$

Átszámítási egyenleteinket az irodalomban (Berényi-Gál 1953.) ismertetett elemzések segítségével ellenőriztük. A hamuszázalékból számított térfogatsúlyértéke öt minta átlagában  $+ 0,03 \text{ g/cm}^3$ -rel tért el a laboratóriumi méréssel meghatározott értéktől. Ugyanezeknél az elemzéseknél a fűtőértékből számított térfogatsúly eltérése a mért értéktől öt minta átlagában  $+ 0,14 \text{ g/cm}^3$  volt. A hamuszázalékból számított térfogatsúlyérték hibája tehát megfelel egy korszerű gamma-gamma lyukszelvényezés mérési hibájának, a fűtőértékből levezetett hiba viszont ennek ötszöröse. Mivel a fűtőértékből kiinduló számításnál az eltérések minden mintánál gyakorlatilag azonosak és előjelben egyezők voltak, feltételezhető, hogy a fűtőérték meghatározásának az irodalomban ismertetett módja és az üzem laboratóriumi eljárása között, szisztematikus eltérés van.

A gyakorlat számára különleges jelentőségű a szén minőségi jellemzőinek értékváltozása a víz és a fűróiszap térfogatsúlyának megfelelő határok között. Ezek az anyagok ugyanis a fűrásnál a lyukvizsgáló berendezések hitelesítéséhez rendelkezésre állnak. A lineáris kapcsolatok lehetővé teszik, hogy a két különböző sűrűségű folyadékban mért szórt gammasugárzás intenzitáskülönbségét, mint a fűtőérték, a hamutartalom és a nedvesség látszólagos változását fejezzük ki. Ily módon hitelesítő léptéket nyújthatunk a gamma-gamma szelvény értelmezéséhez. A sűrűség  $0,01 \text{ g/cm}^3$ -es növekedése megfelel a fűtőérték  $50,54 \text{ kcal/kg}$  csökkenésének, a hamutartalom  $0,72\%$ -os növekedésének és a nedvesség  $0,083\%$ -os csökkenésének.

A gammasugár – szóródás elvét alkalmazó lyukszelvényezéssel a hiba háromszorosának ( $\pm 0,15 \text{ g/cm}^3$ ) megfelelő sűrűségváltozásokat biztonságosan kimutathatunk. Ezek a meghatározható változások fűtőértéknél:  $760 \text{ kcal/kg}$ , hamuszázaléknál:  $10,8\%$ , nedvességnél:  $1,24\%$ . A teljes köszénteles rétegsorban felvett szelvényen tehát nyolc karakterisztikusan eltérő minőségi osztályt határozhatunk meg.



## Vizsgálat a hidrogéntartalom és a szénminőségi jellemzők közötti kapcsolatra

A neutron – gamma lyukszelvényezésnél az alkalmazott zárt sugárforrásból kilépő gyors neutronok energiavesztése elsősorban a réteg hidrogéntartalmának a függvénye. Tapasztalatból tudjuk, hogy a rétegek a csökkent energiájú termikus neutronokat nagyságrendekkel jobban fogják be, mint a gyors neutronokat. A gammasugár intenzitásának a befogáskor történő változása tehát a hidrogénkoncentrációval hozható kapcsolatba. A neutronok energiavesztése független attól, hogy a hidrogén milyen kémiai kötésben van jelen, ezért számításainkat a nedvesség- és szerves anyagtartalomból számított összes hidrogénre végeztük el.

Az összes hidrogéntartalom mintasorozatunkban 1,11–6,01% között változik,  $4,23 \pm 1,25\%$  középpértékkel és szórással. Az összes hidrogén és a szén minőségi jellemzői között fennálló kapcsolatokat szintén korrelációs számítás segítségével határoztuk meg és a VI. táblázatban foglaltuk össze. Az összes hidrogén 0,1%-os emelkedésére a fűtőérték 108 kcal/kg értékkel emelkedik, a hamuszázalék 1,5%-kal csökken, a nedvesség 0,2%-kal növekedik.

VI. táblázat

Az összes hidrogéntartalom és a minőségi jellemzők korrelációja

	Korrelációs együttható	Regressziós egyenesek	
		egyenletei	közbezárt szöge
Az összes hidrogén ( $G$ ) és a fűtőérték ( $B$ ) .....	0,9742	$G = 0,000877B + 1,46$ $B = 1082,2G - 1422,6$	$0,1^\circ$
Az összes hidrogén ( $G$ ) és a hamuszázalék ( $A$ ) .....	- 0,9917	$G = -0,06307A + 6,53$ $A = -15,597G + 102,45$	$0,1^\circ$
Az összes hidrogén ( $G$ ) és a nedvesség ( $F$ ) .....	0,8816	$G = 0,36F - 0,11$ $F = 2,158G + 2,97$	$3,7^\circ$

A neutron-gamma szelvényezés gyakorlati alkalmazásánál szerzett tapasztalatok alapján a hamutartalom meghatározásának hibáját  $\pm 5-8\%$ -ra becsülik (Makarov, 1959). Itt is elfogadhatjuk, hogy biztonsággal csak a hiba háromszorosánál nagyobb értékváltozás határozható meg (a vizsgálatot statisztikus fluktuáció terheli). A hibát  $\pm 7,5\%$ -nak véve, a neutron-gamma szelvényezéssel elkülöníthető minőségi különbségek, hamutartalomban: 22%, fűtőértékben: 4118 kcal/kg, nedvességben: 13,97%.

Az összes hidrogéntartalom tehát a vizsgálat szerint szigorú lineáris kapcsolatot mutat a kőszén minőségi jellemzőivel, de a jelenlegi műszerezettség mellett ez a paraméter nem látszik alkalmasnak minőségmeghatározásra.

## Vizsgálat a neutronaktiválással indukált sugárzás és a szénminőségi jellemzők közötti kapcsolatra

A gyors neutronokkal *indukált aktivitás* a minőségi jellemzőkkel szorosabb kapcsolatot mutat, mint a lassú neutronokkal indukált aktivitás. Kézenfekvő lenne tehát, hogy a jobb kapcsolatot használjuk fel vizsgálatainkhoz. Modellmérésekkel azonban kimutattuk (Tatár – Béress 1962), hogy a fúrásokban – zárt neutronforrások alkalmazásával – gyors neutronok kellő intenzitású magfolyamatot nem keltenek. A réteg folyadéktartalmában fékeződő neutronok az ismert lassú neutron magreakciókat hozzák létre. Po-Be neutronforrások alkalmazása mellett meg kell elégednünk azzal a kapcsolattal, amelyet a lassú neutronok indukált aktivitása (vagyis az alumíniumkoncentráció változása a mélyfúrásban) mutat a minőségi jellemzőkkel. A lassú neutronokkal indukált aktivitás és a minőségi jellemzők között korrelációs számítással meghatározott kapcsolatokat a VII. táblázat tünteti fel. A számértékek természetesen az aktiváló rendszerben alkalmazott neutronforrások intenzitásának függvényei és nem alkalmasak arra, hogy számszerű következtetéseket vonjunk le a mélyfúrási

VII. táblázat

Az indukált aktivitás és a minőségi jellemzők korrelációja

	Korrelációs együttható	Regressziós egyenesek	
		egyenletei	közbezárt szöge
Az indukált aktivitás ( $D$ ) és a fűtőérték ( $B$ ) között .....	- 0,9172	$D = -1,078B + 5873$ $B = -0,7806D + 5085$	4,9°
Az indukált aktivitás ( $D$ ) és a hamuszázalék ( $A$ ) között .....	0,9214	$D = 76,47A - 316,1$ $A = 0,01105D + 9,15$	0,1°
Az indukált aktivitás ( $D$ ) és a nedvesség ( $F$ ) között .....	- 0,6964	$D = -371,3F + 6951$ $F = -0,0013D + 15,3$	0,1°

viszonyokra. Modellméréseinknél azt tapasztaltuk, hogy a gyengébb minőségű magyar fekete kőszén 13  $\mu\text{r}/\text{óra}$ , a jóminőségű lengyel kőszén pedig 7  $\mu\text{r}/\text{óra}$  indukált aktivitást adott, 6,56 C erősségű Po-Be neutronforrás alkalmazása mellett. Ezekből a tapasztalati adatokból általános érvényű következtetést levonni nem lehet, de megállapíthatjuk, hogy az indukált intenzitás a minőség függvényében jelentős mértékben változik a fúrólyukban uralkodó viszonyok között is.

A módszer értékelésére az alábbi megfontolásokat alkalmaztuk:

A gammasugár – szóródás módszerét vizsgálva kimutattuk, hogy a fűtőérték 760 kcal/kg-nyi változása – amely indukált aktivitásban 819 impulzusnak felel meg – jól szelektálható. Mintaanyagunk indukált aktivitása  $2472 \pm 1632$  impulzus középpértékkel és szórással jellemezhető. Az egyszeres szórás határán belül tehát csak két fűtőérték fokozat (1632/819) különíthető el. Ugyanezt tapasztaljuk a térfogatsúly mérésénél is, mert a minták egyszeres szórása  $\pm 0,306 \text{ g}/\text{cm}^3$ , az elkülöníthető szint pedig  $0,150 \text{ g}/\text{cm}^3$ .

A módszer érzékenysége tehát azonosnak tekinthető a gammasugár-szóródáson alapuló módszerrel, de alkalmazása nehézkes zárt sugárforrások használatával.

### A szilíciumdioxid és az alumíniumoxid koncentrációjának kapcsolata a hamu olvadáspontjával

A bauxitelemzéseknél bevált eljárással (Tatár 1964) a minták  $\text{Al}_2\text{O}_3\%$  – és  $\text{SiO}_2\%$  tartalmát is meghatároztuk. Az eljárás gyors és olcsó, tömeges elemzésre különösen alkalmas. Az alumíniumoxid és a szilíciumdioxid így meghatározott értékeinek korrelációját a hamuszázalékkal 0,9-nél nagyobb korrelációs együttható jellemzi. Ez arra késztet, hogy tovább vizsgáljuk a két oxid kapcsolatát a hamu minőségi jellemzőivel.

Mint ismeretes (Teune, 1913.), a hamu olvadáspontja arányos a

$$K = \frac{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3}{\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO}}$$

értékkel. Selvig (1932) figyelembe vette a  $\text{Na}_2\text{O}$  – és  $\text{K}_2\text{O}$  – tartalmat is. Más szerzők az empirikus összefüggések egész sorát adták.

Gyors analízisünk csupán az  $\text{Al}_2\text{O}_3$  és a  $\text{SiO}_2$  értékét adja meg. Az egyéb oxidok arányát konstansnak feltételezve megkíséreltük a nevezőt  $100 - (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2)$  értékkel helyettesíteni. Javasolt formulánk tehát megközelíti Selvig arányossági tényezőjét:

$$K' = \frac{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2}{100 - (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2)}$$

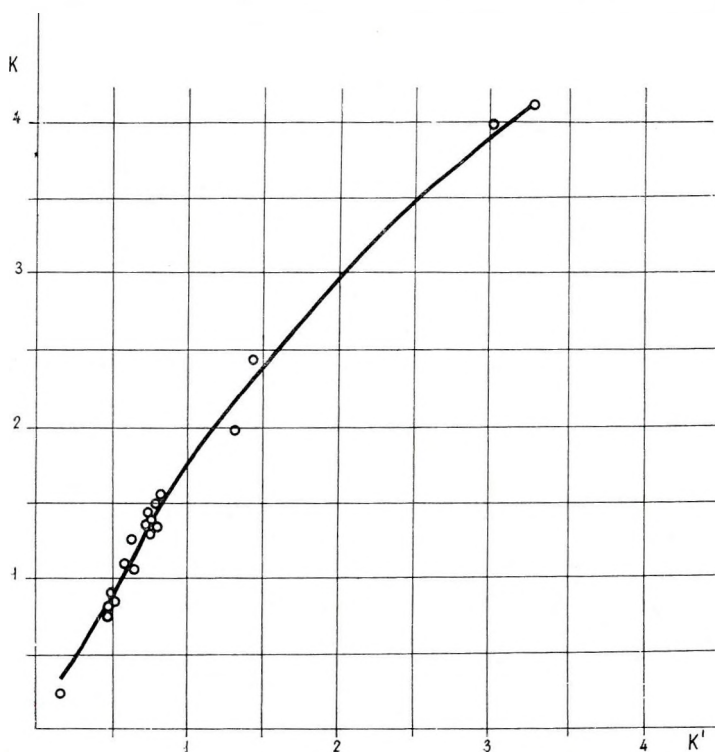
A  $K$ -t és a  $K'$ -t grafikusan összehasonlítottuk. A kapcsolat másodfokú függvénnyel megközelíthető (4. ábra).

Ez arra enged következtetni, hogy az aktiválások analízissel felépített összefüggés alapján a hamu olvadáspontját szinte az empirikus képletek pontosságával, de gyorsabban és olcsóbban megbecsülhetjük.

Néhány adat alapján korreláltuk a hamu olvadáspontját a Teune-féle  $K$  hányadossal. A korrelációs együttható 0,599. Tekintettel a kevés számú és szűk értéktartományból származó adatra, ez az érték biztató és reményt nyújt, hogy az ezzel arányos megbízhatóságú képletünk még hasznos eszköz lehet a hamu olvadáspontjának tömeges meghatározására.

### A szilíciumdioxid és az alumíniumoxid kapcsolata a hamu viszkozitásával

Nagyüzemi kazánoknál fontos minőségi jellemző a hamu viszkozitása. Ezt a gyakorlatban hosszadalmas és költséges eljárásokkal határozzák meg. Javasoljuk, hogy az aktiválások analízissel gyorsan és olcsón meghatározható adatokból felépített összefüggéssel empirikus úton határozzuk meg a viszkozitást.



4. ábra. Irodalmi adatokból számított Teune-féle jelzőszám ( $K$ ) kapcsolata az aktiválással meghatározható jelzőszámmal ( $K'$ )

Фиг. 4. Связь показателя Тайне ( $K$ ), вычисленного по литературным данным, с показателем ( $K'$ ), определяемым активацией.

Fig. 4. The connection between the Teune-ratio ( $K$ ) as taken from literature and the ratio ( $K'$ ) determined by activation analysis

Nicholls és Reid (1940.) kimutatták, hogy a

$$v = \frac{\text{SiO}_2 \cdot 100}{\text{SiO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO}}$$

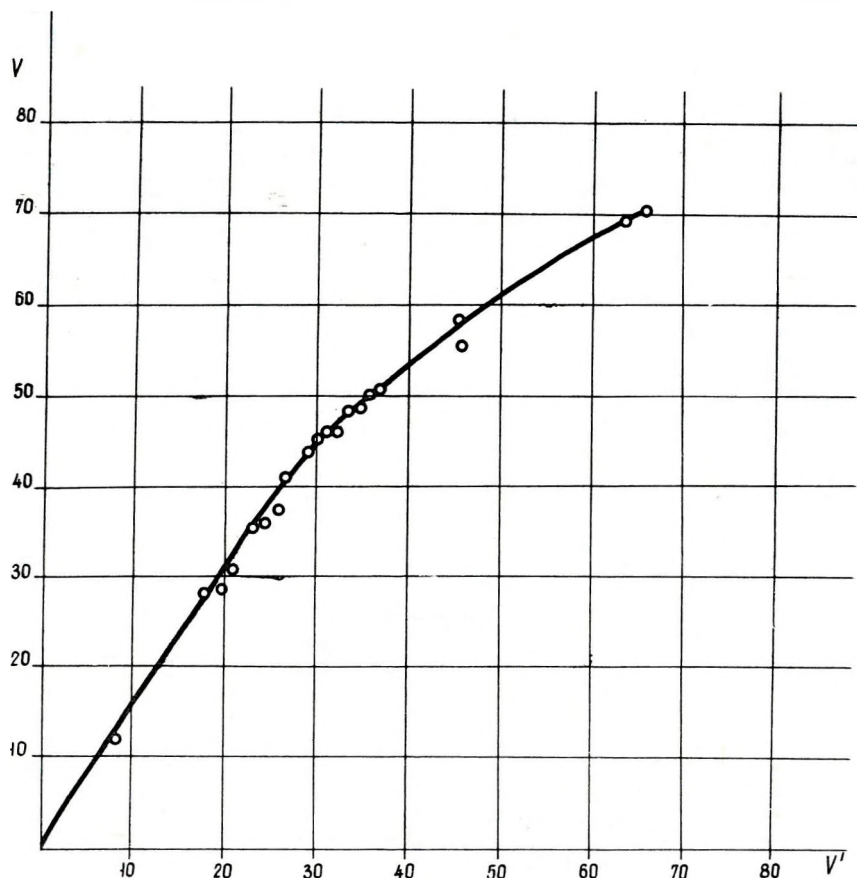
hányados függvénykapcsolatot mutat a viszkozitással.

A rendelkezésre álló, ill. módszerünkkel könnyen meghatározható adatokból kiindulva

$$v' = \frac{\text{SiO}_2 \cdot 100}{100 - \text{Al}_2\text{O}_3}$$

hányados alkalmazásának bevezetését javasoljuk. A  $v$  és  $v'$  hányadosok közötti kapcsolat grafikus vizsgálata szigorú összefüggést igazolt (5. ábra).

Ez lehetőséget nyújt arra, hogy a hamu viszkozitását az aktiválós analízis  $\text{Al}_2\text{O}_3\%$  és  $\text{SiO}_2\%$  értékeiből, kémiai elemzések nélkül, tömegesen meghatározzuk.



5. ábra. Irodalmi adatokból számított Nicholls-Reid-féle jelzőszám ( $V$ ) kapcsolata az aktiválással meghatározható jelzőszámmal ( $V'$ )

Фиг. 5. Связь показателя Никольса-Рейда ( $V$ ), вычисленного по литературным данным, с показателем ( $V'$ ), определяемым активацией.

Fig. 5. The connection between the Nicholls-Reid-ratio ( $V$ ) as taken from literature and the ratio ( $V'$ ) determined by activation analysis

### A szilíciumdioxid és az alumíniumoxid koncentrációjának kapcsolata a hamuszázalékkal

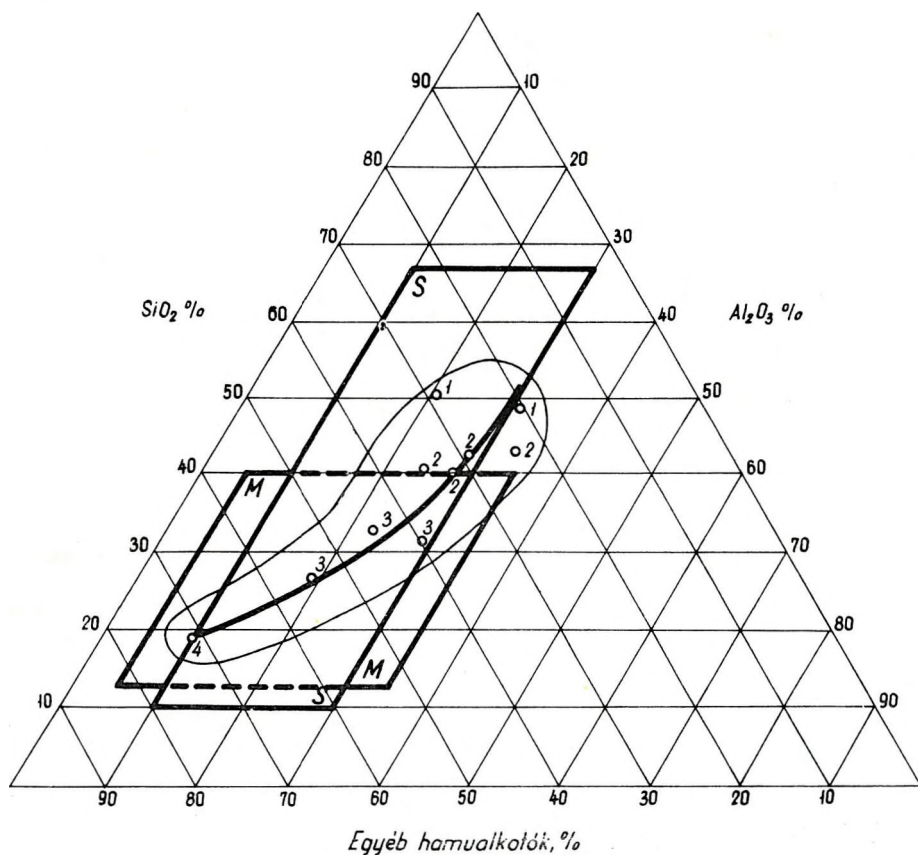
Szádeczky (1952) rámutatott a hamuadó (szervetlen) elegyrészek ásvány-kőzettani meghatározásának a fontosságára.

Vadász (1940) az oxidokból kiszámította a hamu elméleti ásványösszetételét. A magyarországi kőszénhamukban két fő típust ismert fel: a szilikátos (kovasavas, vagy kaolinos-agyagos) és a meszes-pirites típust.

Ebből következtethetünk arra, hogy a hamu típusa jellemezheti a kőszén keletkezési környezetét és néhány technológiai tulajdonságát. A teljes kémiai elemzés azonban költséges. Így rendszerint túlságosan kevés adat van ahhoz, hogy következtetéseink megalapozottak legyenek. Emellett csak magukat a kőszéntelepeket vegyelemzik, nem pedig a teljes összetételt.



Megfigyeltük, hogy a vizsgált medencéből származó hamuban a  $\text{SiO}_2\%$  és az  $\text{Al}_2\text{O}_3\%$  viszonya nem állandó. A hamuszázalék növekedésével a  $\text{SiO}_2\%$  arányosan emelkedik, az  $\text{Al}_2\text{O}_3\%$  viszont az égőpalákban már a hamu konstans komponense, sőt 60% hamutartalom felett viszonylag csökken. A szilícium és alumínium eltérő viselkedése arra késztetett, hogy az aktiválási analízis lehetőségeinek felhasználásával a hamu összetételét három komponensben vizsgáljuk. Olcsón és gyorsan, tehát nagy mennyiségben szerezhethetünk így információt a hamu  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  és egyéb alkotórészeinek kapcsolatáról. A kapcsolatok szemléltetésére kézenfekvő a háromszög-diagram ábrázolás (6. ábra). Meg kell jegyezni, hogy mások is alkalmaztak hasonló bontást (Gumz-



6. ábra. Tatabányai barnaköszének minták hamutartalmának összetétele az aktiválással meghatározott adatok szerint

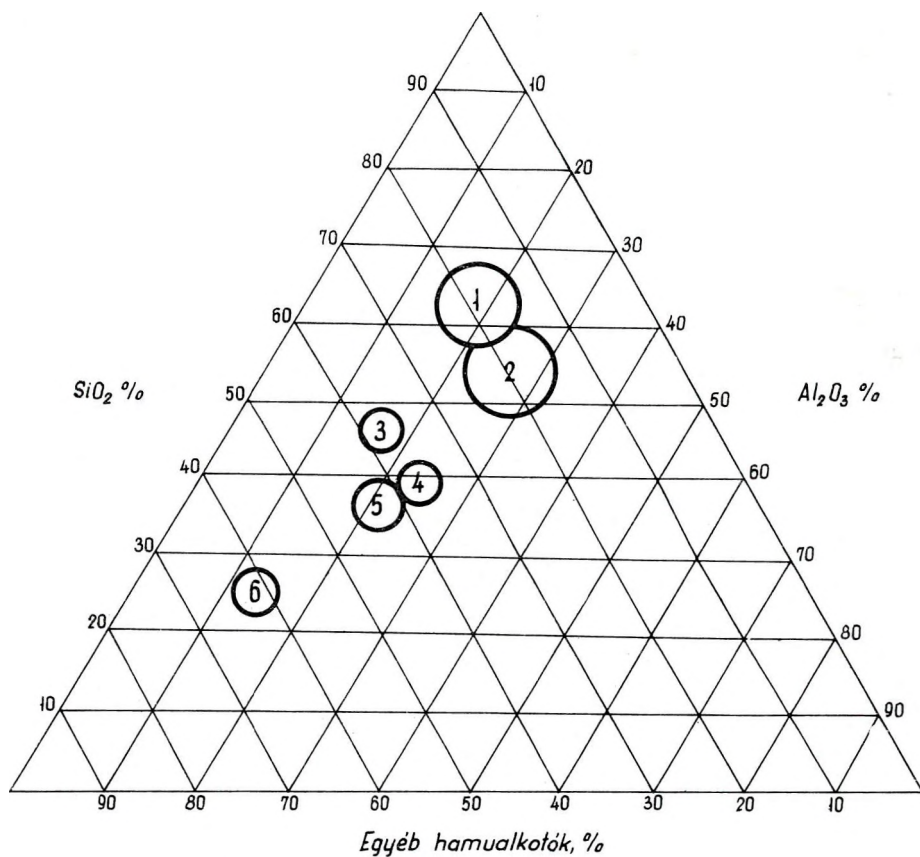
1 pala, márga; 2 égőpala; 3 agyagos szén; 4 kőszén

Фиг. 6. Состав золы, содержащейся в образцах каменных углей, взятых из месторождения Татабánya, по данным, определенным активацией. 1 – сланцы, мергели 2 – горючие сланцы 3 – глинистые угли, 4 – каменные угли.

6. Ash-components of Tatabánya lignite samples according to the activation analysis

1 shale, marl; 2 pyroshale; 3 clayey coals 4 coals





7. ábra. Hazai barna- és feketeköszének hamuösszetétele az aktiválással meghatározható adatok szerint

1 = Nógrádi medence, 2 = Komlói medence, 3 = Borsodi medence, 4 = Dorogi medence, 5 = Tatabányai medence, 6 = Középdunántúli medencék

Fig. 7. Состав золы венгерских каменных углей, по данным, определяемым активацией.  
1 – Ногрэдский бассейн; 2 – Бассейн Комло, 3 – Боршодский бассейн, 4 – Дорогский бассейн, 5 – Бассейн Татабánya, 6 – Бассейны центрального Задуная.

Fig. 7. Ash-components of some Hungarian coals according to the activation analysis

1 = Nógrád basin; 2 = Komló basin; 3 = Borsod basin; 4 = Dorog basin; 5 = Tatabánya basin; 6 = Middle-Transdanubian basins

Kirsch-Mackowsky 1958.), azzal a különbséggel, hogy a teljes kémiai elemzés birtokában az egyéb alkotórész helyett a  $\text{CaO}$ -t (Rankin), a  $\text{FeO}$ -t (Schairer), ill. a  $\text{K}_2\text{O}$ -t (Schairer és Bowen) vették figyelembe.

Az  $S$  jelzésű terület megfelel a Vadász-féle szilikátos típusnak; az  $M$  jelzésű terület a meszes-pirités tartományt öleli fel. A minták tizes csoportjait egy-egy kör jelzi. A tatabányai kősenes összetétel értékhatárát görbe vonallal körvonalaztuk. Az ábrából kitűnik, hogy a medencére nem egy pont, hanem egy vonal jellemző. A szilícium aránya a hamutartalom növekedésével jelentősen növekszik, az alumínium-érték alig változik. A kőszén a diagramon a meszes típusú hamu helyét foglalja el; az égőpalák átlépnek a szilikátos típus tartományába.

A hazai fontosabb kőszén-típusokat a szilícium, az alumínium és a többi komponens függvényében ábrázoltuk (7. ábra). Tatabánya adata — mivel a termelési átlagokat mutatja — az agyagos kősenek és égőpalák határára tolodott. Messzebbmenő következtetéseket lehetne levonni, ha az egyes kőszén medencéket, a 6. ábra mintájára a minőség (hamuszázalék) függvényeként tüntetnénk fel. Ennek akadályaira már rámutattunk és a megoldást az aktívvalásos analízisben megvilágítottuk.

Genetikai és technikai következtetések levonása a hamutípushól azonban már geokémiai feladat.

#### IRODALOM

- Berényi, J. — Gál, E.: 1953. Szénvizsgálóati adatok 1950–1951. Budapest  
*BKI–HÓKI*: 1963. Magyar kősenek technológiai jellemzői. Budapest.  
Campbell — Wilson: 1958. Journ. Petr. Technology, (jul).  
Gál, E. — Kenyeres, J.: BKI 1–VIII–61–07 sz. kutatási jelentés  
Gumz, W. — Kirsch, H. — Mackowsky, M. T.: 1958. Schlackenkunde, Berlin  
Káplár, Zs.: BKI 0201/1–I–62–05 sz. kutatási jelentés  
Makarov, A. N.: 1959. Ucsenije zapiszki Leningradszkovo Unyverszityeta, No. 278. Vip. 11.  
Nicholls, P. — Reid, W. T.: 1940. Trans. Am. Soc. Mech. Eng. 62  
Selvig, W. A. — Nicholls, P.: 1932. U. S. Bureau of Mines Bull. 364  
Szádeczky, E.: 1939. Bánya és Kohómérn. Oszt. Közleményei  
Szádeczky, E.: 1947. Jelentések hazai kősenek közzetani vizsgálóati eredményeiről. 4. Tatabányai VIII–IX. akna  
Szádeczky, E.: 1952. Szénközzet, Akadémiai Kiadó, Budapest  
Tatár, J. — Béress, M.: 1962. Proc. Nuclear Geophysicists Conf. Cracow, 459–481.  
Tatár, J.: 1964. Geofizikai Közlemények XIII. 4. sz.  
Teune, J. N. E.: 1913. Journ. F. Gasbeleuchtung, 56.  
Vadász, E.: 1940. Kőszénföldtani tanulmányok, Budapest.



САЛАИ М. – СЕНАШ ДЬ. – ЗИЛАХИ ШЕБЕШ Л

КОДИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ГОРНЫХ ПОРОД И ХРАНЕНИЕ  
ИХ НА ПЕРФОКАРТАХ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ВЫЧИСЛЕНИЙ НА СЧЕТНО-РЕ-  
ШАЮЩИХ МАШИНАХ

Все основные параметры образцов горных пород, как например возраст, место происхождения, петрографический состав, получают коды хранения, чтобы обеспечить возможность хранения и вычисления на счетно-решающей машине в любой группировке, для выяснения функциональных зависимостей.

M. SZALAI – G. SZÉNÁS – L. ZILAHÍ SEBESS

PHYSICAL AND OTHER ROCK-PROPERTIES TURNED INTO CODES FOR STORAGE  
AND ELECTRONIC COMPUTATION

All essential parameters (e. g. age, location, petrographical composition) of the collected rock samples are turned into storage-codes.

Thus, storage and electronic computation can be made in any grouping, in order to determine arbitrary functions between the parameters and physical rock properties.

KÖZETFIZIKAI PARAMÉTEREK KÓDOLÁSA ÉS LYUKKÁRTYÁS  
TÁROLÁSA GÉPI SZÁMÍTÁS CÉLJÁBÓL

SZALAI MIHÁLY – SZÉNÁS GYÖRGY – ZILAHÍ-SEBESS LÁSZLÓ

**Bevezetés**

Tervbe vettük, hogy összegyűjtjük és rendszerezük az ország különféle intézményeinél meglevő közetfizikai adatokat. Egyrészt az a célunk, hogy teljes képet alkothassunk a rendelkezésünkre álló adatokról, másrészt az összegyűjtött anyagot úgy tároljuk, hogy később bármilyen felmerülő szempont szerint fel lehessen dolgozni. Azt is célul tűztük ki, hogy ezt a feladatot minél kisebb munkával, minél rövidebb idő alatt és nem utolsó sorban gazdaságosan oldhasuk meg. Minderre legalkalmasabb a lyukkártyás tárolás, mert ez lehetővé tesz bármilyen későbbi gépi feldolgozást. Szeretnénk elérni, hogy rendszerünket minden olyan intézmény, amely közetfizikai állandók meghatározásával foglalkozik – mintegy a téma közös nyelveként – átvegye.

Tekintettel a tervezett gépi feldolgozásra, az adatokat a gépi feldolgozás szempontjainak figyelembevételével kartonozzuk és nyilvántartási rendsze-

rünket ennek megfelelően dolgoztuk ki. Ez természetesen némi megkötöttséget is jelent. Van ugyanis a kőzetmeghatározásnak számos olyan árnyalata, amelylyel felesleges a szempontokat szaporítani, ha az anyag fizikai jellemzőit illetően lényegtelen. Például a terjedési sebesség, a sűrűség, vagy az elektromos ellenállás szempontjából önmagában közömbös az a tény, hogy az illető kőzet világosszürke vagy sötétszürke.

A következőkben részletesen ismertetjük a kőzetfizikai paraméterek gyűjtésének és tárolásának rendszerét, tekintettel a gépi feldolgozásra.

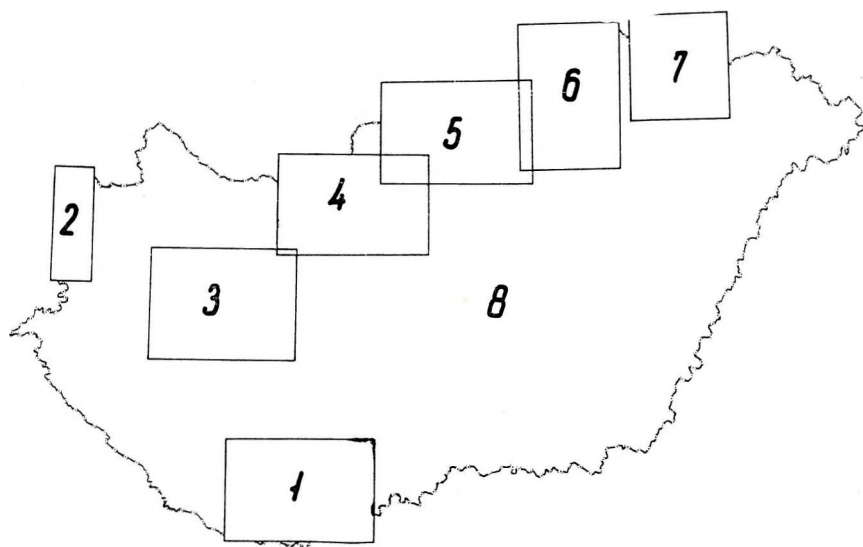
### Az adatok kódolása

A rendszer alapja a *kód*. Első lépésként a minta valamennyi lényeges adatát kódoljuk.

Az 1. ábrán bemutatott lyukkártya (kártyaterv) tartalmazza a kőzetfizikai állandók nyilvántartásához szükséges kódokat.

Az első kód a *M. Áll. Eötvös Loránd Geofizikai Intézet* kódja, illetve az a jel, amellyel az *Országos Számítástechnikai és Ügyvitelszervező Vállalat* (ahol számításainkat végezzük, ill. végeztetjük) az Intézetet jelöli. Ez állandó szám: 784.

A kártya következő három számoszlopa (2. sz.) a *munkanem* megjelölésére szolgál, vagyis azt jelzi, hogy ez a lyukkártya kőzetfizikai paraméterek tárolására és feldolgozására készült. Ha ez a kártyatípus véletlenül vagy szándékosan más kártyatípussal összekeveredik, ennek a kódnak segítségével szétválogatható.



2. ábra

Intézmények	Munka neve	Tájégségi kód	Fúrás		Minta koordinátái		TSZF magasság		Földtörténeti kor	Kőzettani kód	Térfojtatás g/cm³	Porozitás %	Mágneses szuszceptibilitás $\times 10^{-7}$	Elektronos ellenállás Ohm	Szíjzavar sebesség m/s	Hővezetőképesség $\lambda$	$\gamma$ aktivitás impulzus/s								
			Betű	Szám	x	y	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>																	
0 0 0	0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0	0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0							
2	4 6	8 10	12 14	16 18	20 22 24	26 28 30	32	34 36	38 40	42 44	46 48	50	52 54	56 58	60 62	64 66	68 70	72 74 76 78 80							
1 1 1	1 1 1	1 1 1 1	1 1 1 1 1	1 1 1	1 1 1 1 1 1	1 1 1 1 1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1 1	1 1 1 1 1	1 1 1	1 1	1 1 1 1	1 1 1 1	1 1 1 1	1 1 1 1	1 1 1 1	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1							
1	2	3	4		5	6	7		8	9	10	11	12	13	14	15	16								
2 2 2	2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2 2	2 2 2	2 2 2 2 2 2	2 2 2 2 2 2	2 2 2	2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2 2	2 2 2	2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2 2 2 2 2 2 2							
3 3 3	3 3 3	3 3 3 3	3 3 3 3 3	3 3 3	3 3 3 3 3 3	3 3 3 3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3 3	3 3 3 3 3	3 3 3	3 3	3 3 3 3	3 3 3 3	3 3 3 3	3 3 3 3	3 3 3 3	3 3 3 3 3 3 3 3 3 3							
4 4 4	4 4 4	4 4 4 4	4 4 4 4 4	4 4 4	4 4 4 4 4 4	4 4 4 4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4 4	4 4 4 4 4	4 4 4	4 4	4 4 4 4	4 4 4 4	4 4 4 4	4 4 4 4	4 4 4 4	4 4 4 4 4 4 4 4 4 4							
5 5 5	5 5 5	5 5 5 5	5 5 5 5 5	5 5 5	5 5 5 5 5 5	5 5 5 5 5 5	5 5 5	5 5 5	5 5 5 5	5 5 5 5 5	5 5 5	5 5	5 5 5 5	5 5 5 5	5 5 5 5	5 5 5 5	5 5 5 5	5 5 5 5 5 5 5 5 5 5							
6 6 6	6 6 6	6 6 6 6	6 6 6 6 6	6 6 6	6 6 6 6 6 6	6 6 6 6 6 6	6 6 6	6 6 6	6 6 6 6	6 6 6 6 6	6 6 6	6 6	6 6 6 6	6 6 6 6	6 6 6 6	6 6 6 6	6 6 6 6	6 6 6 6 6 6 6 6 6 6							
7 7 7	7 7 7	7 7 7 7	7 7 7 7 7	7 7 7	7 7 7 7 7 7	7 7 7 7 7 7	7 7 7	7 7 7	7 7 7 7	7 7 7 7 7	7 7 7	7 7	7 7 7 7	7 7 7 7	7 7 7 7	7 7 7 7	7 7 7 7	7 7 7 7 7 7 7 7 7 7							
8 8 8	8 8 8	8 8 8 8	8 8 8 8 8	8 8 8	8 8 8 8 8 8	8 8 8 8 8 8	8 8 8	8 8 8	8 8 8 8	8 8 8 8 8	8 8 8	8 8	8 8 8 8	8 8 8 8	8 8 8 8	8 8 8 8	8 8 8 8	8 8 8 8 8 8 8 8 8 8							
2	4 6	8 10	12 14	16 18	20 22 24	26 28 30	32	34 36	38 40	42 44	46 48	50	52 54	56 58	60 62	64 66	68 70	72 74 76 78 80							
9 9 9	9 9 9	9 9 9 9	9 9 9 9 9	9 9 9	9 9 9 9 9 9	9 9 9 9 9 9	9 9 9	9 9 9	9 9 9 9	9 9 9 9 9	9 9 9	9 9	9 9 9 9	9 9 9 9	9 9 9 9	9 9 9 9	9 9 9 9	9 9 9 9 9 9 9 9 9 9							

1. ábra



A következő négy oszlop (3. sz.) a kőzet származásának földrajzi kódjelét tartalmazza. A földrajzi kódrend alapja az a 8 földtani tájegység, amelyet a *M. áll. Földtani Intézet* és a *M. Áll. Eötvös Loránd Geofizikai Intézet az Országos Távlati Kutatási Terv* 7. sz. főfeladata keretében (hegységeink és medencealkulataink részletes földtani, geokémiai és geofizikai vizsgálata) rendszeresen kutat és a 20 éves távlati terv során kutatni fog (2. ábra).

A nyolc tájegység és ezeknek szerkezeti vagy hagyományos további elosztása az alábbi:

A Mecsek- és a Villányi hg.	1	Nyugat Magyarország ...	2
Ny. Magyarország .....	2	Soproni hg. ....	21
Bakony hg. ....	3	Kőszegi hg. ....	22
Buda, Pilis, Gerecse, Vértess hg. ....	4	Vas hegy. ....	23
Mátra hg. ....	5	Bakony hg. ....	3
Bükk hg. ....	6	Északi Bakony .....	31
Tokaji hg. ....	7	Déli Bakony .....	32
Síkvidék (fiatal harmadkori medencék) .....	8	Balaton-velencei kristályos vonulat .....	33
A Mecsek és Villányi hg. .	1	Peremvidék .....	34
Kristályos alaphg. a Mecsektől É-ra .....	11	stb.	
A Mecsek hg. ....	12	Buda-Pilis-Gerecse-Vértess hg. ....	4
A délbaranyai kristályos hátság és a mórágvi gránitvidék .....	13	Budai hg. ....	41
A Villányi hg. perm-mezozoós pásztája .....	14	Pilis hg. ....	42
A Villányi hg.-től D-re, DNy-ra levő (feltehetően metamorf) pászta .....	15	Gerecse hg. ....	43
stb.		Vértess hg. ....	44
Dunai andezit hg. és dunabalti triászrögök ...	48	Dorogi medence .....	45
Mátra hg. ....	5	Tatabánya és környéke ..	46
Recsk-Lahóca É .....	51	Bicskei öböl .....	47
Recsk-Lahóca D .....	52	stb.	
Miocén andezit lepel ....	53	Aggtelek-Bódvavölgy ....	63
Déli perem (lignit) .....	54	stb.	
Szajlai völgy .....	55	Tokaj hg. ....	7
Darnó .....	56	Zempléni kibúvás .....	71
Gyöngyösoroszi .....	57	Hegyköz .....	72
Salgótarján környéke ....	58	Vulkáni terület .....	73
stb.		Szerencsi öböl .....	74
Bükk hg. ....	6	Peremvidék .....	75
Bükkaljai lignitterület ...	61	Bodroghköz .....	76
Rudabánya-Tornaszent-andrás- Uppony vidéke	62	stb.	
		Síkvidék (medencék) .....	8
		Kisalföld .....	81
		Pannóniai Dombvidék ...	82
		Alföld .....	83
		stb.	

Ez a felosztás egy-egy adat származási helyének, földtani környezetének durva megjelölésére elégséges. Ha azonban nem lenne elég, még továbbis oszthatjuk. Erre azonban rendszerint nem lesz szükség, mert a lyukkártyán a minta helyének térképi (Gauss-Krüger) koordinátáit is kódoljuk, tetszésszerinti kódkulcs alapján.

A koordináta-kódolás lehetőséget ad arra, hogy adatainkat — megfelelő program segítségével — bármilyen nem szabályos görbe vonallal határolt területre vonatkozólag feldolgozhassuk.

Önként adódik a gondolat, hogy ez esetben miért szükséges az előbbi felosztás? Azért, hogy az adatokat tájegység-rendszerben is tárolhassuk, illetve tájegységi válogatásnál a koordináta rejtjel desiffrizását is elkerülhessük.

A lyukkártya következő nyolc oszlopába, vagyis a 4. mezőbe, a *fúrások* betű- és számjel kódja kerül (pl. Pm-3), ha a minta fúrásból származik. A koordinálás és a tájegységi definíció után erre látszólag már nincs szükség, de az adatok utólagos ellenőrzése, reprodukálhatósága megkívánja, hogy a fúrásnak kivitelezője által nyilvántartott neve (jele) magán a kártyán is szerepeljen. Ugyanitt tartjuk nyilván a fúrást végző vállalatot is. A 4. mező első két szám-oszlopa a fúróvállalat kódját tartalmazza (pl. 03 kód az *Országos Földtani Kutató-fúró Vállalatot* jelenti).

A következő hat-hat (5., 6.) oszlop a *mintavétel helyének (mélyfúrásnak)* X és Y *koordinátáit* tartalmazza. A Z felesleges; illetve elégséges a térképről leolvasható pontossággal. A Z-nek csak felszíni mintavétel esetében lehet jelentősége; mélyfúrási mintánál (fúrómagnál) lényegesebb az a mélység (mélység-intervallum), ahonnan maga a minta származik. Ez természetesen nem azonos a mélyfúrás alapjának tengerszintfeletti magasságával.

A következő három-három oszlop, vagyis a kártya 7. sz. mezője ( $m_1$  és  $m_2$ ) a *mélységközök* meghatározására szolgál. Azért szükséges két adat ( $m_1$ ,  $m_2$ ), mert a minták rendszerint nem egyetlen pontot jellemeznek, hanem egy egész réteget, amelynek talpa és teteje, tehát mélységintervalluma van. Emellett a számításoknál általában elégséges a mélységet intervallumokban tekintetbe venni, minthogy a medenceüledékösszletben a fizikai paraméterek rendszerint nem ugrásszerűen növekednek. Síkra vonatkoztatott számításnak sincs akadálya. Felszíni mintánál csak az  $m_1$ -et lyukasztjuk, ez megfelel a Z koordinátának.

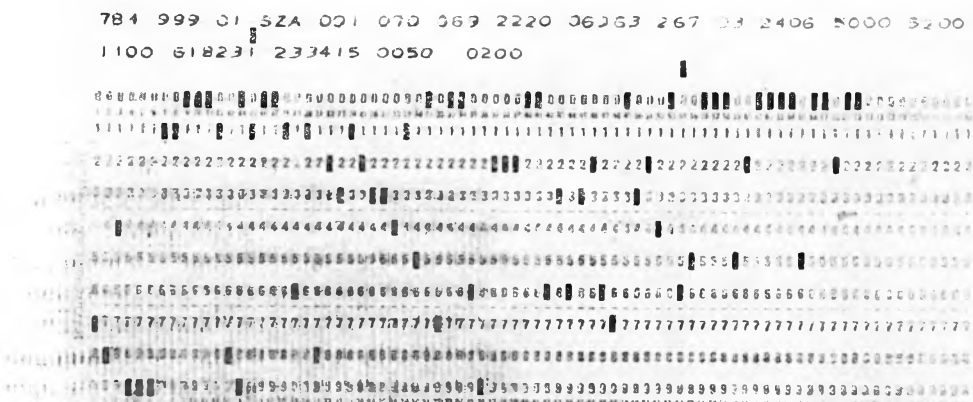
A következő négy oszlop (8. sz.) a minta *rétegtani (földtörténeti)* korát jelöli, az alábbi kódolással.

I. Tektonikai emelet		IV. Tektonikai emelet	4
(Prekambrium) . . . . .	1	Perm . . . . .	41
II. Tektonikai emelet		Triász . . . . .	42
(Ópaleozoikum) . . . . .	2	Jura . . . . .	43
Kambrium . . . . .	21	Alsó-kréta . . . . .	44
Szilur . . . . .	22	V. Tektonikai emelet	5
Devon . . . . .	23	Felső-kréta . . . . .	51
Alsó-karbon . . . . .	24	Felső-kréta — Oligo-	
III. Tektonikai emelet		cén(flis) . . . . .	52
(Újpaleozoikum) . . . . .	3	VI. Tektonikai emelet	6
Felső-karbon . . . . .	31	Eocén . . . . .	61

A *fajlagos ellenállásnál* is a féllogaritmikus alakot célszerű használni, míg a *terjedési sebességnél* és a *hővezetőképességnél* erre épp úgy nincs szükség, mint pl. a *közetsűrűség*nél (kis nagyságrendi változatosság).

A  $\gamma$  aktivitást jellemző értékek ugyancsak nem kívánják meg a féllogaritmikus alakot, jóllehet 4. oszlop erre – szükség esetén – lehetőséget nyújt.

A feldolgozásnál természetesen tekintetbe kell venni a rögzítési módot. A féllogaritmikus forma a számológépek programozásánál alkalmazható legegyszerűbb ábrázolási módnak felel meg. Feldolgozásnál a rögzített közetfizikai állandók értékét minden esetben féllogaritmikus alakúnak tekinthetjük akkor is, ha a karakterisztikát nem tüntettük fel. Ekkor ugyanis a karakterisztika értéke állandó.



### 3. úbra

A 3. ábrán példaképpen bemutatunk egy lyukkártyát, amely az alábbi információt tartalmazza (az adatok nem pontosak):

Középső triász (anisiti) mészkő a Mecsek hegység É-i pereméről (pontos, de kevert koordinátákkal); + 69 m és + 70 m tszf magasság-intervallumból, a Geofizikai Intézet Sza-1 fúrásából; sűrűsége 2,67 g/cm<sup>3</sup>, porozitása 3%, mágnese szuszceptibilitása  $\kappa = 240 \cdot 10^{-6}$  CGS, fajlagos ellenállása 500 ohm, szeizmikus sebessége 5200 m/s; a 999 kódjelű munkanemre programozva.

\*

A lyukkártyán levő adatokat egy nagysebességű elektronikus számítógép meghatározott program szerint minimális idő alatt feldolgozza. A számításokat emberi erővel csak nagyon hosszú idő alatt lehetne elvégezni s a kívánt információ közben esetleg elvesztené aktualitását. Az emberi számolás emellett hibával rendszerint sokkal inkább terhelt, mint a gépi számítás.

Néhány kérdés, amelyet ilyen lyukkártyán tárolt nagyszámú közetfizikai adat birtokában számítógépnek feladhatunk:

keressük azt a függvénykapcsolatot, amely a kőzetek kora és sűrűsége között fennáll; vagy például keressük azt a kapcsolatot, amely a különböző kőzetek mélysége és sűrűsége között fennáll: vagy pl. keressük egy adott mély-

séghez (mélységintervallumhoz) tartozó sűrűségek átlagértékét; vagy keressük egy bizonyos területen egy meghatározott mélységhez tartozó sűrűségek átlagértékét; vagy keressük a függvénykapcsolatot a sűrűség és az elektromos ellenállás között, stb. Akármilyen ehhez hasonló kérdésre könnyen kaphatunk választ gépi feldolgozás útján, ha a felmerült kérdésnek megfelelő programot dolgozunk ki a gép számára. Erről egy más alkalommal számolunk be.

\*

Most még azt kell megvizsgálunk, hogy Magyarországon mi a realitása az ilyen számításnak?

Az előbb felsorolt függvénykapcsolatok tapasztalati felderítése, de maga a gépi számítás is, nagy mennyiségű adatot kíván. Kevés adatból tapasztalati függvényt nem állíthatunk elő; kevés adatot nem is érdemes gépi számítással feldolgozni.

Magyarországon számos kőzetösszetétel van, de olyan, amelyből nagymennyiségű adatot nyerhetünk, csak egyetlen (ha csak nincs a felszínen): a harmadkori medenceüledék összetétel.

A geofizikai kutatás mélykutatás. Jelentős hányadában valamilyen medencealakulat felderítésére alkalmazzák.

A mélyfúrások a medenceüledékeket számos esetben átfúrják; a medencealjzatot ellenben nem minden esetben érik el, de ha elérik is, ez a medencealjzatról csak egyetlen adatot jelent (rendszerint nem sokat fúrnak bele). A medenceüledékösszetételből viszont elvileg annyi adatot nyerhetünk, ahány fúrómagot vettek, vagyis akár százas nagyságrendűt is.

Ha Magyarországon valamennyi mélyfúrás elérte volna a medencealjzatot és mintája rendelkezésünkre állana, ezt adattömegnek akkor sem nevezhetnénk. A medenceüledékek ellenben valóban adattömeget képesek produkálni.

A felszíni minták ugyancsak képesek adattömeget produkálni, mert tet-szésszerű mennyiségben gyűjthetők. Igaz ugyan, hogy Középhegységünkben nagyjából azok a kőzetek vannak a felszínen, amelyek a medencében az aljzatot alkotják, de az is igaz, hogy felszíni minták laboratóriumi vizsgálata nem tájékoztat helyesen a mélységi viszonyokról; semmiesetre sem helyesebben, mint az irodalom, a beclés, vagy terepi mérés (pl. szeizmikus). A laboratóriumi vizsgálatoknak egyébként sajátos korlátai vannak.

A lyukkártyán tehát főleg a medenceüledékösszetétel adatait tároljuk és az elvégzendő számításokat is egyelőre a medenceprobléma köré csoportosítjuk. Az adatokat természetesen nemcsak, sőt elsősorban nem laboratóriumi mérésekből gyűjtjük, hanem terepi mérésekből és fúrólyukszelvényezésből.

\*

A gépi számolás és programozás jelentőségét — úgy véljük — nem kell hangsúlyozni. Az ilyen feladatok érdekessége abban rejlik, hogy a matematika és a gépi számolás (amely egyre inkább önálló tudomány) mellett alapos ismereteket kíván azon a területen is, ahol a gépi számolást alkalmazni kívánjuk.

## TARTALOM

<i>Király Ernő – Szabadváry László</i> : Nagymélységű geoelektromos szondázások alkalmazása fiatal harmadkori medencékben .....	383
<i>Sz. Kilenyi Éva</i> : A refrakciós későbbi beérkezések felhasználása a gyakorlati szeizmikus kutatásban .....	405
<i>Bádonyi Géza – Fábrián András – Kovács Béla</i> : Magnetofonos szeizmikus berendezés tervezésének elvi alapjai .....	423
<i>Liszt Ferenc</i> : Magas hőmérsékletre kidolgozott kétparaméteres radioaktív gamma-szonda (GEO – R – 14) .....	439
<i>Tatár János</i> : Bauxitminták alumínium- és szilíciumtartalmának meghatározása neutron-aktiválós analízissel .....	463
<i>Tatár János</i> : Nukleáris geofizika alkalmazása barnaköszének minőségének meghatározására .....	477
<i>Szalai Mihály – Szénás György – Zilahi-Sebess László</i> : Közetfizikai paraméterek kódolása és lyukkártyás tárolása gépi számítás céljából .....	495

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Ки́рай, Эрнő – Саба́двари, Ласло</i> : О применении глубинного вертикального электрического зондирования на территории молодых третичных бассейнов ....	383
<i>С. Килени, Эва</i> : Использование последующих вступлений преломленных волн в сейсморазведке .....	405
<i>Бадо́ни, Ге́за – Фа́бриан, Андра́ш – Кова́ч, Бе́ла</i> : Принципиальные основы проектирования сейсмической аппаратуры с магнитной записью .....	423
<i>Лист, Ференц</i> : Радиоактивный скважинный снаряд типа GEO – R14 для измерения двух параметров, разработанный для работы в условиях высокой температуры .....	439
<i>Татар, Янош</i> : О применении метода нейтронной активации для ускоренного анализа бокситов .....	463
<i>Татар, Янош</i> : О применении методов ядерной геофизики для определения качества бурых каменных углей .....	477
<i>Салаи, Михай – Сенаш, Дьердь – Зилахи Шебеш, Ласло</i> : Кодирование физических параметров горных пород и хранение их на перфокартах для проведения вычислений на счетнорешающих машинах .....	495

## CONTENTS

<i>E. Király</i> – <i>L. Szabadváry</i> : Geoelectric vertical deep-sounding in youngtertiary basins	383
<i>É. Kálényi</i> : The application of refraction later arrivals in seismic exploration	405
<i>G. Bádonyi</i> – <i>A. Fábrián</i> – <i>B. Kovács</i> : Theoretical considerations in designing a seismic equipment of tape-recording system, Part 1	423
<i>F. Liszt</i> : Two-parametric radioactive gamma-sounding equipment for high temperature	439
<i>J. Tatár</i> : The application of neutron-activation for quick analysis of bauxites	463
<i>J. Tatár</i> : The application of nuclear geophysics to determine the quality of lignites	477
<i>M. Szalai</i> <i>G. Szénás</i> – <i>L. Zilahi Sebess</i> : Physical and other rockproperties turned into codes for storage and electronic computation	495



## TARTALOM

<i>Pintér Anna</i> : A gravitációs tér évszázados változásáról .....	7
<i>Sz. Aczél Etelka</i> : A függővonal évszázados változásáról .....	21
<i>Renner János</i> : A függővonalelhajlás Magyarország egyes területein .....	33
<i>Os-laczky Szilárd</i> – <i>Tóth Géza</i> : A Nap és Hold gravitációs hatásának megfigyelése hazánkban .....	39
<i>Andrássy László</i> – <i>Sebestyén Károly</i> : A gamma-gamma eljárás mérés technikájára és kiértékelésére végzett kísérletek néhány eredménye .....	49
<i>Ádám Oszkár</i> : Szeizmikus felvételek frekvencia analízise .....	61
<i>Erkel András</i> – <i>Király Ernő</i> – <i>Szabadváry László</i> : A GE-típusjelű geoelektromos ellenállás-mérő műszer család .....	71
<i>Haáz István</i> : Gravitációs és mágneses hatású függőleges vagy ferde réteg meghatározása a mért anomáliákból .....	83
<i>Sebestyén Károly</i> – <i>Morvai László</i> – <i>Karas Gyula</i> – <i>Karas Gyuláné</i> : Vizsgálatok vízkutató fúrások mennyiségi kiértékelésével kapcsolatban .....	123
<i>Ádám Antal</i> : A kéreg és a felső köpeny elektromos felépítése Magyarországon a magnetotellurikus és a relatív tellurikus frekvenciaszondázások alapján .....	141
<i>B. Beranek</i> – <i>J. Kadlecik</i> : A geofizikai kutatások néhány sajátossága Csehszlovákia belső-kárpáti neogén medencéiben .....	163
<i>Egyed László</i> : A Föld belső felépítéséről .....	169
<i>G. I. Krugljakova</i> : A mágneses anomáliák kiértékelése és Kárpátalja mélytektonikája .....	175
<i>Mituch Erzsébet</i> – <i>Posgay Károly</i> – <i>Sédy Loránd</i> : Szélesszögű reflexiók alkalmazása a kéregkutatásban .....	201
<i>G. N. Petrova</i> : A földmágneses tér évszázados változásainak tanulmányozása paleomágneses módszerrel .....	211
<i>Sz. Aczél Etelka</i> – <i>Pintér Anna</i> – <i>Javaslat</i> a Kárpátokat harántoló nemzetközi geofizikai mérések tervezésére a recens kéregmozgások vizsgálata céljából .....	213
<i>G. Richter</i> : Az „S” beérkezések értelmezése a földmag árnyékszónájában .....	219
<i>Stegena Lajos</i> : Magyarország geotermikus térképei .....	221
<i>Szénás György</i> – <i>Nagy Magdolna</i> : A Magyar medence sajátos geofizikai alkata .....	231
<i>Lányi János</i> : Oroszlány és Balinka környékének komplex geofizikai vizsgálata .....	249
<i>Szabadváry László</i> – <i>Szabó Margit</i> : Geoelektromos bauxitkutató mérések a Bakony hegységben .....	263
<i>Hobot József</i> – <i>Erkel András</i> – <i>Szabadváry László</i> : Komplex geoelektromos medencekutató mérések a Dél-Dunántúl területén .....	273
<i>Mituch Erzsébet</i> : A hazai szeizmikus kéregkutatás újabb eredményei .....	289
<i>Szénás György</i> : Néhány megjegyzés a magyarországi földkéregről .....	301
<i>Zilahy-Sebess László</i> : Regionális és maradékanomáliák meghatározása gépi számítással .....	305
<i>Pintér Anna</i> – <i>Ádám Oszkár</i> – <i>Szénás György</i> : A Magyar medence regionális gravitációs értelmezési problémái .....	316
<i>Komáromy István</i> : A függőleges földmágneses térerősség 1950 – 1962. évi magyarországi változásának meghatározása obszervatóriumi adatsorok alapján .....	329
<i>Sz. Aczél Etelka</i> – <i>Suloky István</i> : A földmágneses tér évszázados változása Magyarországon 1950 és 1963 között, a szekuláris hálózat mérései alapján .....	345
<i>Barta György</i> : A Föld évszázados változásai során fellépő energiaátalakulások .....	354
<i>Egyed László</i> : A szekuláris variációk kérdéséhez .....	367
<i>Sebestyén Károly</i> – <i>Andrássy László</i> – <i>Morvai László</i> : Mélyfúrási geofizikai mérések alkalmazása a bauxitkutatásban .....	369
<i>Király Ernő</i> – <i>Szabadváry László</i> : Nagymélységű geoelektromos szondázások alkalmazása fiatal harmadkori medencékben .....	383
<i>Sz. Kélényi Éva</i> : A refrakciós későbbi beérkezések felhasználása a gyakorlati szeizmikus kutatásban .....	405
<i>Bádonyi Géza</i> – <i>Fábián András</i> – <i>Kovács Béla</i> : Magnetofonos szeizmikus berendezés tervezésének elvi alapjai .....	423

<i>Liszt Ferenc</i> : Magas hőmérsékletre kidolgozott kétparaméteres radioaktív gamma-szonda (GEO – R14) .....	439
<i>Tatár János</i> : Bauxitminták alumínium- és szilíciumtartalmának meghatározása neutron-aktiválásokkal .....	463
<i>Tatár János</i> : Nukleáris geofizika alkalmazása barnaköszének minőségének meghatározására .....	477
<i>Szalai Mihály</i> – <i>Szénás György</i> – <i>Zilahy Sebess László</i> : Kőzetfizikai paraméterek kódolása és lyukkártyás tárolása gépi számítás céljából .....	495

“ГЕОФИЗИКА И КЕЗЛЕМЕНЬЕК” Т. XIII, 1964 Г.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Пинтер, Анна</i> : Вековая вариация поля силы тяжести .....	7
<i>С. Ацел, Этелка</i> : Вековая вариация отклонения отвеса .....	21
<i>Реннер, Янош</i> : Отклонение отвеса в некоторых районах Венгрии .....	33
<i>Ослауки, Силард</i> – <i>Тот, Геза</i> : Наблюдения над гравитационным воздействием Солнца и Луны в Венгрии .....	39
<i>Андраши, Ласло</i> – <i>Шебештьен, Карой</i> : О некоторых результатах работ по усовершенствованию техники измерения и интерпретации при применении метода гамма-гамма-каротажа .....	49
<i>Адам, Оскар</i> : О частотном анализе сейсмических записей .....	61
<i>Эркел, Андраш</i> – <i>Кирай, Эрне</i> – <i>Сабадвари, Ласло</i> : О серии вариантов геоэлектрической разведочной, аппаратуры типа GE .....	71
<i>Хаз, Иштван</i> : Об определении вертикального или наклонного пласта с гравитационным или магнитным эффектом по измеряемым аномалиям .....	83
<i>Шебештьен, Карой</i> – <i>Морвац, Ласло</i> – <i>Караш, Дьюла</i> – <i>Караш, Дьюланэ</i> : Исследования в области количественной интерпретации каротажных материалов скважин, бурящихся на воду .....	123
<i>Адам, Антал</i> : Электрическое строение земной коры и верхней мантии на территории Венгрии по данным магнитотеллурического и относительно теллурического частотного зондирования .....	141
<i>Ц. Беранек</i> – <i>Й. Кадличек</i> : Некоторые особенности геофизической разведки внутрикарпатских неогеновых бассейнов Чехословакии .....	163
<i>Эдвед, Ласло</i> : О внутреннем строении Земли .....	169
<i>Г. И. Круглякова</i> : Интерпретация магнитных аномалий и глубинная тектоника Закарпатья .....	175
<i>Митух, Эржебет</i> – <i>Пожгац, Карой</i> – <i>Шеди, Лоранд</i> : Применение закритических отражений при изучении земной коры .....	201
<i>Г. Н. Петрова</i> : Изучение вековых вариаций геомагнитного поля с палеомагнитным методом .....	211
<i>Пинтер, Анна</i> – <i>Ацел, Этелка</i> : Предложение о проектировании международных геофизических измерений по профилям, пересекающим Карпаты, для изучения современных движений земной коры .....	213
<i>Г. Рихтер</i> : Истолкование вступлений „S” в теневой зоне ядра Земли .....	219
<i>Штегена, Лайош</i> : Геотермические карты Венгрии .....	221
<i>Сенаш, Дьердь</i> – <i>Надь, Магдолна</i> : Специфическое геофизическое строение Венгерского бассейна .....	231
<i>Лаци, Янош</i> : Комплексные геофизические исследования, проведенные в районе Орослань и Балинка .....	249
<i>Сабадвари, Ласло</i> – <i>Сабо, Маргит</i> : Геоэлектрические бокситоразведочные работы в районе горы Баконь .....	263
<i>Хобот, Йозеф</i> – <i>Эркел, Андраш</i> – <i>Сабадвари, Ласло</i> : О прослеживании основания бассейна в районе Южного Задунья комплексным геоэлектрическим методом разведки .....	273
<i>Митух, Эржебет</i> : О дополнительных результатах изучения строения земной коры в Венгрии сейсмическим методом .....	289

<i>Сенаш, Дьердь</i> : Некоторые замечания о строении земной коры в Венгрии . . . . .	301
<i>Зилахи Шебеш, Ласло</i> : Определение региональных и остаточных аномалий поля силы тяжести при помощи счетно-решающей машины . . . . .	305
<i>Пинтер, Анна — Адам, Оскар — Сенаш, Дьердь</i> : О проблемах истолкования региональных аномалий поля силы тяжести в Венгерском бассейне . . . . .	315
<i>Комароми, Иштван</i> : Об определении вариации вертикальной напряженности геомагнитного поля в Венгрии за период с 1950 по 1962 г. г. по сериям обсерваторных данных . . . . .	329
<i>С. Ацел Этелка — Шулоки, Иштван</i> : Вековые вариации геомагнитного поля в Венгрии . . . . .	345
<i>Царта, Дьердь</i> : О преобразованиях энергии, происходящих в процессе вековых вариаций Земли . . . . .	359
<i>Эдьед, Ласло</i> : К вопросу о вековых вариациях . . . . .	367
<i>Шебештен, Карой — Морваи, Ласло — Андраши, Ласло</i> : О применении пропыслово-геофизических работ в поисках бокситовых залежей . . . . .	369
<i>Кирай, Эрнё — Сабадвари, Ласло</i> : О применении глубинного вертикального электрического зондирования на территории молодых третичных бассейнов . . . . .	383
<i>С. Килени, Эва</i> : Использование последующих вступлений преломленных волн в сейсморазведке . . . . .	405
<i>Бадони, Геза — Фабиан, Андраш — Ковач, Бела</i> : Принципиальные основы проектирования сейсмической аппаратуры с магнитной записью . . . . .	423
<i>Лист, Ференц</i> : Радиоактивный скважинный снаряд типа GEO — R14 для измерения двух параметров, разработанный для работы в условиях высокой температуры . . . . .	439
<i>Татар, Янош</i> : О применении метода нейтронной активации для ускоренного анализа бокситов . . . . .	463
<i>Татар, Янош</i> : О применении методов ядерной геофизики для определения качества бурных каменных углей . . . . .	477
<i>Салаи, Михай — Сенаш, Дьердь — Зилахи Шебеш, Ласло</i> : Кодирование физических параметров горных пород и хранение их на перфокартах для проведения вычислений на счетно-решающих машинах . . . . .	495

## GEOPHYSICAL NOTES VOL. XIII. 1964

## CONTENTS

<i>A. Pintér</i> : The secular variation of the gravity field . . . . .	7
<i>E. Aczél</i> : Secular variation of the deviation of the vertical . . . . .	21
<i>J. Renner</i> : The deviation of the vertical in certain areas of Hungary . . . . .	33
<i>Sz. Oszlaczky — G. Tóth</i> : Observations of the gravitational effects of the Sun and the Moon in Hungary . . . . .	39
<i>L. Andrassy — K. Sebestyén</i> : Some results of experiments concerning the technology and interpretation of density logging . . . . .	49
<i>O. Ádám</i> : Frequency analysis of seismic records . . . . .	61
<i>A. Erkel — E. Király — L. Szabadvary</i> : The series of geoelectric resistivity-meters type „GE” . . . . .	71
<i>I. Haáz</i> : Bestimmung einer senkrechten oder schiefen unbegrenzten Schicht aus ihren gravimetrischen und magnetischen Störwirkungen . . . . .	83
<i>K. Sebestyén — L. Morvai — Gy. Karas — Zs. Karas</i> : Study for quantitative interpretation of waterwell-logs . . . . .	123
<i>A. Ádám</i> : The electric structure of the crust and upper mantle in Hungary on the basis of magnetotelluric and relative telluric frequency sounding . . . . .	141
<i>B. Beranek — F. Kadlecik</i> : Some characteristic features of geophysical prospecting in the Inner-Carpathian Neogene basins of Czechoslovakia . . . . .	163
<i>L. Egyed</i> : On the inner structure of the Earth . . . . .	169
<i>G. I. Kruglyakova</i> : The interpretation of magnetic anomalies and the deep structure of Carpathian-Ukraine . . . . .	175

<i>E. Mituch - K. Posgay - L. Sédý</i> : The application of wide angle reflections for the investigation of the Earth's crust .....	201
<i>G. N. Petrova</i> : The study of the secular variations of the geomagnetic field with paleo-magnetic method .....	211
<i>E. Aczél: A. Pintér</i> - A plan for international geophysical measurements across the Carpathians in order to study present crust movements .....	213
<i>G. Richter</i> : The interpretation of S arrivals in the shadowzone of the Earth's core .....	219
<i>L. Stegena</i> : Geothermic maps of Hungary .....	221
<i>G. Szénás - M. Nagy</i> : The specific geophysical structure of the Hungarian basin ....	231
<i>J. Lányi</i> : Geophysical investigations in the Eocene lignitebasin between Oroszlány and Balinka .....	249
<i>L. Szabadváry - M. Szabó</i> : Geoelectric measurements in the Bakony mountain for bauxite prospecting .....	263
<i>J. Hobot - A. Erkel - L. Szabadváry</i> : Complex geoelectric basinfloor exploration in South-Transdanubia .....	273
<i>E. Mituch</i> : New results in the seismic investigations of the Earth's crust in Hungary	289
<i>G. Szénás</i> : Some remarks concerning the Earth's crust in Hungary .....	301
<i>L. Zilahi-Sebess</i> : The determination of regional- and residual anomalies with the aid of a high-speed electronic computer .....	305
<i>Á. Pintér - Ö. Ádám - G. Szénás</i> : Regional gravity interpretation in the Hungarian basin .....	315
<i>I. Komáromy</i> : The determination of the secular variation of the geomagnetic vertical intensity in Hungary between 1950 and 1962, based upon observatorydata .....	329
<i>E. Aczél - I. Suloky</i> : The secular variations of the terrestrial magnetic field in Hungary between 1950 and 1963, as measured upon the „secular base net” .....	345
<i>G. Barta</i> : Energy transformations in the course of the secular variations of the Earth	359
<i>L. Egyed</i> : To the question of the secular variations .....	367
<i>K. Sebestyén - L. Andrásy - L. Morvai</i> : Well-logging in the bauxite-prospecting ...	369
<i>E. Király - L. Szabadváry</i> : Geoelectric vertical deep-sounding in Youngtertiary basins	383
<i>É. Kilényi</i> : The application of refraction later arrivals in seismic exploration .....	405
<i>G. Bádonyi - A. Fábián - B. Kovács</i> : Theoretical considerations in designing a seismic equipment of taperecording system, Part 1 .....	423
<i>F. Liszt</i> : Two-parametric radioactive gamma-sounding equipment for high temperature	439
<i>J. Tatár</i> : The application of neutron-activation for quick analysis of bauxites .....	463
<i>J. Tatár</i> : The application of nuclear geophysics to determine the quality of lignites ...	477
<i>M. Szalai - G. Szénás - L. Zilahi Sebess</i> : Physical and other rockproperties turned into codes for storage and electronic computation .....	495